image
not
available

4°
Math. a. 229 a

<36611056880016
<36611056880016
Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Dr. Joseph Priestleys
Mitgliedes der Königl. Großbrittanischen Gesellschaft der Wissenschaften

Geschichte
und gegenwärtiger Zustand
der Optik,

vorzüglich

in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft.

Aus dem Englischen übersetzet
und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet
von

Georg Simon Klügel
Professor der Mathematik zu Helmstädt, Correspondenten der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, und Mitgliede einiger anderer gelehrter Gesellschaften.

Zween Theile.

Mit Kupfern.

Leipzig
bey Johann Friedrich Junius. 1776.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Vorrede

des Uebersetzers.

Es ist wohl kein Theil der Physik oder Mathematik, der einer so unterhaltenden Ausführung fähig wäre, als die Optik, und dieses nicht allein wegen ihres Gegenstandes, des Wichtigsten und Erfreulichsten in der Natur, dessen Wirkungen durch ihr Wunderbares unsere Aufmerksamkeit so sehr auf sich ziehen; sondern noch mehr wegen der Mannichfaltigkeit und Abwechslung der Materien, die zu dieser Wissenschaft gehören. Man wird in der Optik (ich nehme sie im weitesten Verstande, wie sie in der gegenwärtigen Geschichte genommen wird) nicht immer mit trockenen Rechnungen ermüdet. Sie wechseln mit mancherley physikalischen Untersuchungen von den Erscheinungen des Lichtes ab, die, wenn sie vielleicht auch alle nur bildliche Erdichtungen sind, unsere Wißbegierde doch einigermaaßen zufrieden stellen. Die Beschreibung so vieler Werkzeuge, die sowohl zu wichtigen Ent-

deckungen in der Natur, als zur Beluſtigung dienen, machet uns einen noch angenehmern Begriff von den Kräften des menſchlichen Witzes, als jene phyſikaliſche Hypotheſen. Die kleinen Ausſchweifungen, welche man von Zeit zu Zeit in das Gebieth der Anatomie, Phyſiologie, Chymie und Philoſophie zu thun, Gelegenheit hat, verſchaffen eine angenehme Zerſtreuung; und die gute nachbarliche Freundſchaft, welche die Optik mit dieſen Wiſſenſchaften unterhält, muß ſie den Liebhabern derſelben vorzüglich angenehm machen.

Eine Geſchichte der Entdeckungen in dieſem Theile unſerer Kenntniſſe kann daher nicht anders als ſehr unterhaltend ſeyn, wenn ſie nur gut ausgeführet iſt. Ich glaube, daß man dieſen Ruhm der Geſchichte, die ich zu überſetzen unternommen habe, nicht wird verſagen können, wenn auch in einzelnen Stellen noch was zu erinnern ſeyn ſollte. Sie iſt 1772 zu London in zween Quartbänden, zuſammen 812 S. ohne Vorrede und Regiſter ſtark, unter dem Titel: The hiſtory and preſent ſtate of diſcoveries relating to viſion, light and colours, by Ioſeph Prieſtley, L. L. D. F. R. S. mit 24 Kupferplatten herausgekommen, und iſt eigentlich ein Theil eines größern Werkes, deſſen ſich der Verfaſſer unterzogen hatte, nämlich der Geſchichte der ganzen Phyſik, die er mit der wohl aufgenommenen, und ſowohl ins Deutſche als Franzöſiſche überſetzten, Geſchichte der Elektricität anfieng. Er hat aber, wie er mir geſchrieben, dieſe Unternehmung faſt aufgegeben.

Man muß in dieſer Geſchichte nicht ſowohl eine bloß literariſche Ausführung, als vielmehr eine dogmatiſche Abhandlung der Optik in chronologiſcher Folge der Sätze erwarten. Sie wird daher denjenigen, die ſich mit den optiſchen Wiſſenſchaften

bekannt

bekannt machen wollen, vortreffliche Dienſte thun, beſonders wenn ſie zu der Leſung dieſes Buches eine kleine ſyſtematiſche Kenntniß der Optik mitbringen. Unſer Verfaſſer nimmt die meiſte Rückſicht auf das Phyſikaliſche der Optik, wiewohl er das Mathematiſche nicht gänzlich bey Seite ſetzet. Dieſes habe ich, ſo gut es ſich thun laſſen wollte, ergänzet und berichtiget.

Man erlaube mir, daß ich noch etwas von demjenigen rede, was ich bey dieſer Ueberſetzung zu leiſten geſuchet habe. Ueberhaupt habe ich mich der Treue befliſſen, wiewohl ich mir doch einige Abkürzungen und Veränderungeu erlaubet habe, wo ich es völlig verantworten zu können glaubete. Ich hatte hier nicht ſowohl des Verfaſſers eigene Gedanken, als ſeine Auszüge aus andern Schriftſtellern, zu überſetzen. Wo ich dieſe vor mir liegen hatte, und ich eine Verbeſſerung für nöthig erachtete, da habe ich ſie manchmal in dem Texte ſelbſt angebracht, um eine Anmerkung zu erſparen. Oft habe ich dies, wenn es Kleinigkeiten waren, gethan, ohne es zu melden. Man wird auch einige mit einem Sternchen bezeichnete Abſätze antreffen, die mathematiſche Erläuterungen enthalten, welche ich abzuändern für gut befand. Zweymal habe ich ein ganzes Kapitel umgeſchmolzen, wiewohl bey der ſehr kurzen Geſchichte der Perſpective, die ich mit der vortrefflichen Geſchichte dieſer Wiſſenſchaft, welche uns Herr Lambert in dem 2 Theile ſeiner freyen Perſpectiv geliefert, vertauſchet habe. Der Raub iſt etwas arg; ich geſtehe es. Aber der Vortrag meines Verfaſſers war gar zu kurz, als daß ich bloß Ergänzungen vom Hrn. Lambert hätte borgen können; und ich war zu arm an Hülfsmitteln in dieſem Fache, als daß ich ſelbſt etwas Aehnliches liefern konnte, welches ohnedem in einer vom Hrn. Lambert bearbeiteten Materie

ſo leicht nicht angeht. Ein andermal habe ich Carteſens Theorie des Regenbogens nach ihm ſelbſt vorgetragen, mit gutem Rechte, wie ich hoffe. — Die Quellen, woraus unſer Verfaſſer geſchöpfet, habe ich ſorgfältig nachgeſehen, wenn ich ſie zur Hand hatte, und die meiſten und wichtigſten habe ich gehabt. Hiebey habe ich dasjenige zu berichtigen geſuchet, was unſers Verfaſſers Aufmerkſamkeit entwiſchet war — Die meiſten Berichtigungen betreffen das Mathematiſche, was in dem Werke vorkömmt. Dieſes benimmt aber den Verdienſten des gelehrten Verfaſſers, der ſich ſowohl in dem theologiſchen als phyſikaliſchen Fache auf mancherley Art hervorgethan hat, gar nichts. — Die Figuren des Originales habe ich bey dieſem erſten Theile beträchtlich vermindert, um das Buch dem deutſchen Leſer wohlfeiler zu machen. Ich hoffe, er werde nichts dabey verlieren, weil die weggelaſſenen Figuren zum Theil wirklich überflüßig ſind, zum Theil zu Stellen gehören, die entweder verkürzet und weggelaſſen ſind, oder auch ohne ſie völlig verſtändlich bleiben. Die Figuren der beyden erſten Platten ſind durch einen Mißverſtand ſo weitläuftig aus einander geſetzet.

Ich werde mich freuen, wenn ſowohl das Werk ſelbſt, als meine gehabte Arbeit Beyfall findet, und mich bemühen, von den Erinnerungen, die gegen dieſen Theil ſollten gemachet werden, bey der Ausarbeitung des zweyten, welcher bald nachfolgen wird, den möglichſten Gebrauch zu machen. Helmſtädt, den 11 April 1775.

Digitized by Google

Vorrede
des Verfaſſers.

Den Wachsthum aller Gattungen nützlicher Kenntniſſe zu befördern, ſcheint zweyerley erfordert zu werden: ſowohl eine hiſtoriſche Beſchreibung ihres Urſprunges, Fortganges und gegenwärtigen Zuſtandes, als auch eine bequeme Art, alle neue Entdeckungen bekannt zu machen und auszubreiten. Ohne das erſte, wird einer, der noch ſo geſchickt iſt, die Gränzen der Wiſſenſchaften zu erweitern, mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Weil er die vor ihm gemachten Entdeckungen nicht kennt, wird er immer in Gefahr ſeyn, umſonſt gearbeitet zu haben, und zum größten Verdruſſe ſeine Erfindungen von andern vorweggenommen finden. Auch in andern Abſichten wird der Fortgang der Naturkunde aus dieſem Grunde aufgehalten; daß alſo, nach dem gegenwärtigen Zuſtande unſerer Kenntniſſe, ſolche hiſtoriſche Beſchreibungen gewiſſermaßen unumgänglich nöthig ſind.

Wenn man bedenket, wie wenige eine Wiſſenſchaft, welche man will, in ihrem jetzigen Umfange überſehen, oder ſich in den günſtigen Umſtänden dazu befinden, und wie viel Zeit und Mühe alsdenn noch erfordert wird, ſo weit zu kommen: ſo wird man gerne zugeben, daß durch dergleichen hiſtoriſche Werke, wofern ſie mit guter Beurtheilungskraft ausgearbeitet ſind, die Anzahl nützlicher Entdeckungen ſehr vermehret; und daß, wenn dieſe auf eine leichte und geſchwinde Art in Umlauf gebracht würden, das Wachsthum der Wiſſenſchaften weit mehr, als man es ſich noch jetzt vorſtellen kann, beſchleuniget werden müßte.

In

Digitized by Google

In unsern Zeiten sind die physikalischen Kenntnisse in mancherley Sprachen und Büchern so zerstreuet, daß bloß das Nothwendige zu lesen, so viel Zeit und Aufmerksamkeit erfodert wird, als selbst der eifrigste Liebhaber der Naturkunde nicht daran zu wenden Lust haben möchte, er müßte denn die Absicht haben, die gesammleten Materialien in eine historische und systematische Ordnung zu anderer oder seinem eigenen Gebrauche zu bringen. Des Aufwandes zum Ankaufe der nöthigen Bücher will ich nicht einmal gedenken, der deswegen schon beträchtlich ist, weil man zu solchen Absichten die periodischen Schriften aller berühmtesten naturforschenden Gesellschaften in Europa besitzen muß.

Voll von dem Gedanken, wie nützlich eine umständliche Geschichte eines jeden Theiles der versuchenden Naturlehre seyn würde, je mehr ich aus eigener Erfahrung, seitdem ich mich mit dieser Wissenschaft beschäfftiget, den Mangel derselben gefühlet hatte, machete ich einen Versuch dieser Art mit der **Elektricität**, als mit der ich mich damals besonders beschäfftigte; und ob ich gleich bey dem Anfange der Arbeit mit mancherley Schwierigkeiten, besonders wegen des Mangels eines hinlänglichen Vorrathes an Materialien, zu kämpfen hatte: so hatte ich doch wiederum so manche andere Vortheile, besonders wegen meiner genauen Bekanntschaft mit solchen Personen, die sich durch ihre Verdienste um diese Gattung unserer Kenntnisse besonders hervorgethan haben, daß meine Arbeit, wie ich hoffe, bey verständigen und wohlgesinneten Lesern einigen Beyfall gefunden hat. Dieses Glück munterte mich auf, meinen ersten Entwurf weiter auszudehnen, und die Geschichte aller übrigen Theile der versuchenden Naturlehre zu unternehmen.

Aus der Vorrede zu der ersten Ausgabe der Geschichte der Elektricität wird man sehen, daß ich damals glaubete, eine solche allgemeine Geschichte wäre ein zu großes Werk für einen einzigen Mann. Nun ich aber mehr damit bekannt geworden, betrachte ich es nicht allein ohne Grauen, sondern sogar mit Vergnügen, und sehe es nicht allein als ein mögliches, sondern auch als ein sehr angenehm unterhaltendes Unternehmen an. Ich bin überzeuget, daß noch weit schwerere Werke von einzelnen Personen ausgeführet sind, die mäßige Talente, aber großen Fleiß, besaßen, und die nicht mehr Eifer und Neigung zu ihrem Unternehmen hatten, als ich zu dem meinigen habe. Ein großer Grad von begeisterter Hitze tauget hier nichts. Diese ist gut, ein einfaches Werk, das eine große

Anstrengung

Anstrengung erfordert, durchzusetzen; hier aber kömmt es auf einen kaltblütigen und anhaltenden Fleiß an.

Einen solchen Fleiß wird aber ein bloßer Literator und Geschichtschreiber schwerlich in Munterkeit erhalten können. Hiezu ist gewissermaßen nothwendig, daß einer so viel Geschmack an der versuchenden Naturlehre finde, daß er in die von ihm zu beschreibenden Untersuchungen selbst hineingehe. So wird er sie viel besser verstehen, und bey einem Werke dieser Art eben die Ueberlegenheit haben, welche man einem Xenophon, Cäsar, und andern Kriegeshelden, in Beschreibung der Schlachten zugesteht, und die sich an großen, in Regierungsgeschäfften wohl geübten, Staatsmännern zeiget, wenn sie die allgemeine Geschichte schreiben. Uebrigens brauche ich wohl nicht zu bemerken, daß ein bloßer Naturkündiger zu diesem Unternehmen so wenig geschickt ist, als ein bloßer Literator. Ein so weitläuftiges Werk, wie dieses, glücklich auszuführen, muß einer eine solche Geschicklichkeit in der Auswahl, Abkürzung und Anordnung der ihm vorkommenden Materialien, und eine solche Leichtigkeit bey der Ausarbeitung besitzen, die, wie andere Künste und Fertigkeiten, nicht anders als durch lange Uebung erhalten werden.

Das Vergnügen von dieser Unternehmung ist nicht so groß, daß es nicht von der Aufnahme meiner Arbeit abhängen sollte, ob ich sie fortsetzen werde, oder nicht. Werden mich diejenigen, deren Urtheil ich hochschätze, mit ihrem Beyfalle beehren, und wird der Verkauf dieses Werkes mir die großen Kosten vergüten, welche ich deswegen habe aufwenden müssen, so werde ich mit Vergnügen fortfahren; wo aber nicht, so werde ich aufhören, zufrieden, daß ich mich andern Beschäfftigungen, die mir nicht weniger angenehm sind, widmen kann. Das Urtheil derer, die ich wegen der niedrigen Beweggründe, wovon sie sich bey ihren Beurtheilungen regieren lassen, verachte, wird gar keinen Eindruck auf mich machen. Man müßte wenig Erfahrung im Leben, und wenig Stärke des Geistes sich erworben haben, wenn man sich von einer Unternehmung, die man dem menschlichen Geschlechte für nützlich und wichtig hält, durch eine nichtsbedeutende, ungerechte oder unverständige Kritik wollte abbringen lassen. Freylich kann ein so weitläuftiges Werk, wie dieses, wenn auch noch so viele, noch so geschickte und in aller Absicht noch so gut dazu ausgesuchte Personen sich zur Ausführung desselben vereinigten, von allen Unvollkommenheiten

und Fehlern nicht ganz frey bleiben, geschweige denn bey einem einzigen Verfasser; allein dafür wird die Gleichförmigkeit, und andere Vortheile, welche die Ausarbeitung von einer einzigen Hand gewähret, hoffentlich eine hinlängliche Vergütung machen.

Einige werden vielleicht glauben, daß derjenige, der dieses Werk in seinem ganzen Umfange auszuführen gedächte, besser würde gethan haben, nicht mehr als einen einzigen Theil einer Wissenschaft vorzunehmen, und sich an keinen andern zu machen, ehe der erstere geendiget wäre. Allein auserdem daß die Unkosten zur völligen Ausarbeitung eines Stückes der Arbeit nicht viel geringer sind, als die zum Ganzen erforderlichen: so giebt es noch zween andere Hauptvortheile dabey, wenn man das Ganze zugleich nach allen seinen Stücken vornimmt. Denn auf solche Art darf der Verfasser jede Schrift, die er brauchet, nicht mehr als einmal durch die Hand gehen lassen, um alle die darinne enthaltene Materien unter ihre Rubriken zu bringen; und dabey kann ihm, weil er sein ganzes Werk vor Augen hat, nichts zu seinem Zwecke gehöriges so leicht entwischen. Nach der andern Art müßte er aber einen großen Haufen Bücher mehrmals durchlaufen, und dabey würden, weil er nur einen Gegenstand immer vor Augen hätte, manche Artikel, die an Stellen, wo er sie nicht suchete, versteckt lägen, seiner Aufmerksamkeit entwischen. Denn einer mag so vorsichtig seyn, als er will, so muß er doch denken, daß er etwas übersehen wird, wenn er auch alle benöthigten Bücher zur Hand haben sollte; oder er müßte das ganze Werk erst ausarbeiten, ehe er einen Theil der Presse überlieferte: eine viel zu mißliche Sache, als daß man sie sich einfallen lassen könnte. Die Ursache ist, daß man aus den Titeln der Bücher und Aufsätze ihren Inhalt nicht zuverläßig kennen lernet, weil die vorgetragenen Sachen oft sehr vermischet oder übel geordnet sind; liest man aber einen Schriftsteller ganz durch, so machet es nicht viel mehr Mühe, alles auszuziehen, was man zu seinem Werke brauchet.

Der Leser wird nicht glauben müssen, daß dieses Werk, ob es gleich nur von einem Verfasser herrühret, doch nichts als desselben eigene Bemerkungen enthalte, woraus man einen für die Ausführung nachtheiligen Schluß ziehen möchte. Ich bin nicht so stolz zu glauben, daß ich die Naturkunde in jedem ihrer Theile vollkommen inne hätte. Niemand wird sich dieses rühmen können. Aber ich bin so glücklich, Freunde zu haben, die

die in jedem einzelnen Theile für Meister erkannt werden, deren Einsichten ich vor dem Abdrucke jedes Theiles meines Werkes zu Rathe ziehen werde. Keiner derselben wird sagen, daß ich nicht sehr dankbar für den mir geleisteten Beystand, und sehr bereitwillig, die bemerkten Fehler zu verbessern, sey. Was insbesondere die gegenwärtige Geschichte betrifft, so wird der Leser leicht bemerken, daß sowohl er als ich dem Wohlehrw. Hrn. Michell, meinem Freunde und Nachbar, große Verbindlichkeit, für viele ihm zugehörige mir mitgetheilete Anmerkungen schuldig sind. Ich bin ihm noch mehrerers schuldig, als man es überhaupt dem Buche ansehen wird, und wünschete, daß ich nicht bisweilen genöthiget gewesen wäre, einige Stücke meines Buches abdrucken zu lassen, ohne ihn oder sonst jemand darüber zu Rathe ziehen zu können; daß also die etwa begangenen Fehler ganz allein auf meine Rechnung zu setzen sind.

Da ich wohl einsahe, wie unzulänglich die Hülfsmittel, welche ein einzelner Mann haben kann, zu einem so weitläuftigen Werke seyn müssen, so bedienete ich mich aller möglichen Vorsicht, diesem Mangel abzuhelfen. Ich hieng also der gedruckten Nachricht von dem herauszugebenden Werke ein Verzeichniß von Büchern an, sowohl derer, welche ich zusammengebracht hatte, als auch derer, die mir noch zu meiner Arbeit fehleten. Dieses hatte die erwünschte Wirkung, und darauf wandte ich mich noch einmal an das Publikum mit neuen und größern Verzeichnissen. Hinführo wird es nicht weiter nöthig seyn, weil ich glaube, mit allen physikalischen Schriften, die mir zu meinem Zwecke brauchbar seyn können, versorget zu seyn.

Ich habe die **historische Methode** gewählet, weil sie mir vor jeder andern zu meinen Absichten aus mehrern Ursachen bequem schien; da sie vorzüglich geschickt ist, die Aufmerksamkeit zu erregen, und die Ausbreitung der Kenntnisse aufs leichteste, sicherste und angenehmste zu befördern. Außerdem hat ein Verfasser bey dem historischen Vortrage weit bessere Gelegenheit als bey dem systematischen, die Bemühungen der Naturforscher in ein solches Licht zu stellen, daß dadurch auf das Gemüth des Lesers der stärkste Eindruck gemachet, und er zur Nacheiferung gereizet werde. Denn gegen solche Vorstellungen ist das menschliche Gemüth nie gänzlich unempfindlich.

Man wird demungeachtet finden, daß meine Methode, wiewohl sie historisch ist, doch zugleich hinlänglich systematisch sey; und dieses ziemlich genau in den einzelnen Abschnitten der verschiedenen Perioden, worinn das Werk abgetheilet ist; dergestalt, daß man, wenn es beliebt, alle die Entdeckungen jeder einzelnen Abtheilung der Materien in ununterbrochener Folge nachlesen kann. Um desto systematischer, und Anfängern desto nützlicher zu seyn, habe ich das Verfahren der besten politischen Geschichtschreiber nachgeahmet, welche in manchen Stücken die Zeitordnung natürlichern und deswegen wichtigern Verbindungen aufopfern. Wenn also spätere Schriftsteller den Beobachtungen ihrer Vorgänger wenig hinzugefüget haben, so habe ich die ganze Materie in einer frühern Periode abgehandelt, und wenn die ältern Schriftsteller nur sehr wenig von einer Sache gesaget haben, so habe ich alles bis auf eine spätere Periode versparet. Dieses Verfahren wird ohne Zweifel meinen Lesern angenehmer seyn, als wenn ich mich ängstlich an die Zeitfolge gehalten hätte.

Um meinem Werke so viel Leser als möglich zu verschaffen, werde ich mich bemühen, jede Materie, oder doch die wichtigsten, so deutlich zu machen, daß man sie mit weniger, oder allenfalls gar keiner, Kenntniß der Mathematik möge verstehen können, wenn man nur die nöthige Aufmerksamkeit darauf zu wenden belieben will. Auch werde ich jeden Umstand zu nutzen suchen, dadurch die Erzählung angenehm oder interessant gemachet werden kann, ohne doch meinen Hauptzweck aus den Augen zu verlieren: nämlich, in einem mäßigen Umfange, und nach einer leichten Lehrart, die Geschichte aller wirklichen Verbesserungen oder Entdeckungen in der Naturkunde vorzutragen, dergestalt, daß dadurch die Naturforscher unsers Zeitalters in den Stand gesetzet werden mögen, die Untersuchungen ihrer Vorgänger aufs vortheilhafteste wieder vorzunehmen und fortzusetzen.

Damit der Leser über jede Materie, wo es ihm beliebet, sich aus den Quellen umständlicher belehren könne, habe ich allemal die Stellen der Verfasser, welche ich gebrauchet, angeführet. Weder in dieser Geschichte, noch in der Geschichte der Elektricität wird man mir vorwerfen können, daß ich einen Schriftsteller angeführet hätte, den ich nicht wirklich zu Rathe gezogen habe. Fand ich eine historische Nachricht

richt von einer Entdeckung, die ich für zuverläßig zu halten Ursache hatte, so war es mir lieb, mich dieser Hülfe bedienen zu können; allein der Leser wird es auch allemal sehen können, wo ich dieses gethan habe. Hingegen in keiner Sache von Wichtigkeit habe ich mich mit Nachrichten aus der zwoten Hand begnüget, wenn es mir irgends möglich war, zu den Quellen zu kommen, und ich kann mir selbst das Zeugniß geben, daß ich keine Mühe gesparet habe, wo ich glaubete, daß sie den wahren Werth des Werkes zu erhöhen, etwas helfen könnte.

Bisweilen fand ich die historischen Nachrichten von Versuchen und Entdeckungen so umständlich und wohl aus einander gesetzet, daß ich, wenn ich in der Folge an die Quellen selbst kam, keine Ursache hatte, Veränderungen zu machen. In diesem Falle ließ ich gewöhnlich das erste Citatum stehen, weil es diejenige Nachricht anzeigete, welche ich wirklich abgeschrieben oder ausgezogen hatte; und fand ich noch etwas aus dem ursprünglichen Schriftsteller hinzuzufügen, so führete ich bisweilen beyde an. Ueberhaupt aber habe ich die historischen Nachrichten späterer Schriftsteller, selbst der berühmtesten, so gar mangelhaft und seichte gefunden, daß ich, wenn ich die Quellen selbst zu Rathe gezogen hatte, gezwungen war, meine ganze Erzählung auszustreichen.

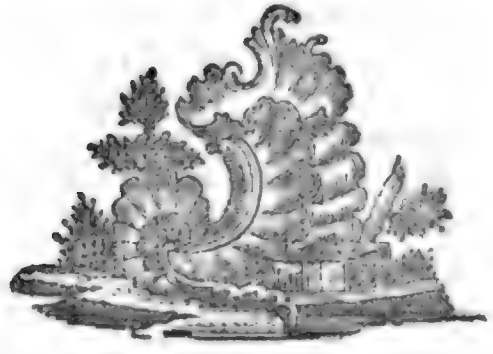
Was die Figuren, besonders die zu den Anfangsgründen der abgehandelten Materien gehören, betrifft, so habe ich sie ohne Bedenken aus jedem Schriftsteller, wo ich sie am besten fand, genommen. Die meisten wird man beym Smith, Musschenbroeck und Rowning antreffen.

Wenn ich so glücklich bin, den Beyfall naturverständiger Leser für diesen Theil zu erhalten, so kann ich es wagen, weil ich in meinem bisherigen Fleiße nicht nachlassen werde, ihnen zu versprechen, daß sie mit den folgenden Theilen nicht weniger zufrieden seyn sollen. Denn ich bin fast gewiß, daß der Gegenstand dieses Theiles, aus manchen Ursachen, mit mehrern Schwierigkeiten verknüpfet ist, als bey irgend einem der noch rückständigen. Dabey glaube ich auch, daß er so beschaffen sey, daß die Geschichte desselben vermuthlich für alle Gattungen von Lesern so unterhaltend seyn wird, wie keines andern in dem ganzen Umfange der Naturlehre.

Dieser Theil meines Werkes enthält eine Menge der schönsten Stufenfortschreitungen in den Entdeckungen verschiedener Personen, ein Gemälde

mälde der größesten und glücklichsten Thaten des menschlichen Geistes, und die Bemühungen der berühmtesten unter den Naturforschern. Die Erscheinungen in der Natur, welche durch diese Entdeckungen erkläret werden, sind uns beständig vor Augen, und müssen die Neugierde aller denkenden Köpfe erwecken; die Werkzeuge, deren Verfertigung durch sie veranlasset ward, werden täglich gebrauchet; und jeder Satz in der Optik läßt sich durch Zeichnungen aufs vollkommenste erläutern.

In der letzten meiner gedruckten Nachrichten von diesem Werke zeigete ich an, daß ich wahrscheinlich zunächst die Geschichte der **magnetischen** Entdeckungen vornehmen würde. Weil ich aber kürzlich mich auf eine Reihe von Versuchen, die **Luft** betreffend, besonders **in Absicht auf die Vegetation und Respiration**, eingelassen, und vor andern diejenigen Gattungen von Luft, welche schädlicher Natur sind, genauer untersuchet habe (dergleichen ist die gewöhnlich so genannte fixe Luft, die verschiedenen Arten brennbarer Luft, die von dem Athemholen der Thiere oder durch faulichte Körper verdorbene Luft u. dgl.); und da ich hierbey auf einige neue Bemerkungen gerathen bin, welche man, wie ich mir schmeichele, zum Theil für merkwürdig und erheblich halten wird: so denke ich nun zuerst mich an die **Geschichte der Entdeckungen die Luft betreffend**, zu machen. Doch werde ich die Ausarbeitung noch einige Zeit anstehen lassen, damit ich Gelegenheit haben möge, zu erfahren, ob es dem Publikum gefällig sey, daß ich fortfahre oder nicht.



Inhalt.

Inhalt.

Erſte Periode.

Bis zur Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften in Europa, S. 1-26.

Zwote Periode.

Von der Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften bis zu den Entdeckungen des Snellius und Descartes. S. 27-82.

Erſter Abſchnitt.

Optiſche Entdeckungen, welche noch nicht die Teleſkope und Mikroſkope angehen, aus den Zeiten vor Keplern. S. 27-41.

Zweyter Abſchnitt.

Entdeckungen, den Regenbogen betreffend. S. 41-47.

Dritter Abſchnitt.

Von der Erfindung der Teleſkope und Mikroſkope und ihren erſten Verbeſſerungen. S. 48-66.

Vierter Abſchnitt.

Vermiſchte Entdeckungen Keplers und ſeiner Zeitgenoſſen. S. 66-75.

Fünfter Abſchnitt.

Geſchichte der Perſpectiv. S. 75-82.

Dritte Periode.

Entdeckungen des Descartes und ſeiner Zeitgenoſſen. S. 83-107.

Erſter Abſchnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen, die Strahlenbrechung betreffend. S. 85-89.

Zweyter Abſchnitt.

Erklärung des Regenbogens nach Descartes. S. 89-93.

Dritter Abſchnitt.

Bemerkung, das Sehen betreffend. S. 93-96.

Vierter Abſchnitt.

Erfindungen optiſcher Werkzeuge. S. 97-104.

Fünfter Abſchnitt.

Vermiſchte Bemerkungen und Verſuche. S. 104-107.

Vierte Periode.

Optiſche Entdeckungen in dem Zeitraume von Descartes bis zu Sir Iſaac Newton. S. 108-182.

Erſter Abſchnitt.

Unterſuchungen und Entdeckungen, das Licht und die Farben überhaupt betreffend. S. 113-119.

Zweyter Abſchnitt.

Erfahrungen und Unterſuchungen über die Zurückwerfung des Lichtes. S. 119-124.

Dritter Abſchnitt.

Unterſuchungen über die Brechung des Lichtes. S. 125-132.

Vierter Abſchnitt.

Verſuche, die Beugung des Lichtes betreffend. S. 133-139.

Fünfter Abſchnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen, das Sehen betreffend. S. 139-158.

Erſtes

Inhalt.

Erſtes Kapitel.

Entdeckungen, welche den Bau des Auges angehen. S. 140-143.

Zweytes Kapitel.

Geſchichte des Streites über den eigentlichen Sitz des Sehens. S. 143-154.

Drittes Kapitel.

Vermiſchte Bemerkungen über das Sehen. S. 154-158.

Sechſter Abſchnitt.

Erfindungen und Verbeſſerungen optiſcher Werkzeuge. S. 158-174.

Siebenter Abſchnitt.

Erfindungen in dem mathematiſchen Theile der Optik. S. 175-182.

Fünfte Periode.

Sir Iſaak Newtons Entdeckungen. S. 183-254.

Erſter Abſchnitt.

Von der verſchiedenen Brechbarkeit der Lichtſtrahlen. S. 184-195.

Zweyter Abſchnitt.

Von der Natur der Farben. S. 195-202.

Dritter Abſchnitt.

Erklärung verſchiedener Erſcheinungen durch Hülfe der obigen Entdeckungen. S. 202-210.

Vierter Abſchnitt.

Von den Farben dünner Körper. S. 210-215.

Fünfter Abſchnitt.

Anwendung der vorhergehenden Beobachtungen auf die Erklärung der Farben natürlicher Körper. S. 215-228.

Sechſter Abſchnitt.

Beobachtungen der Farben, die durch dicke Scheiben hervorgebracht werden. S. 229-231

Siebenter Abſchnitt.

Beobachtungen über die Beugung des Lichtes. S. 231-238.

Achter Abſchnitt.

Vermiſchte Artikel. S. 238-254.

Erſtes Kapitel.

Von der phyſikaliſchen Urſache der Zurückwerfung, der Brechung und der Beugung des Lichtes. S. 238-241.

Zweytes Kapitel.

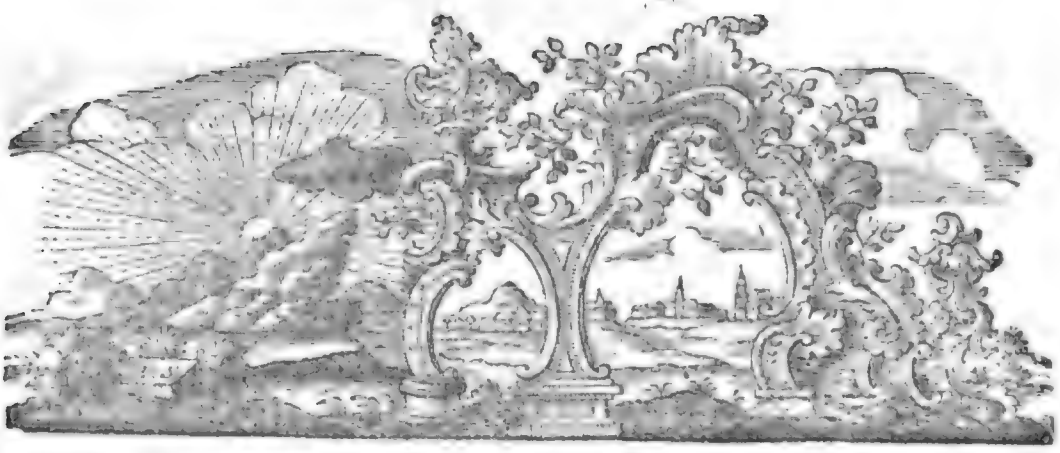
Methoden, die brechenden Kräfte verſchiedener Körper zu meſſen. S. 241-243.

Drittes Kapitel.

Newtons Erfindungen, die Teleſkope betreffend. S. 243-251.

Viertes Kapitel.

Von den Einwürfen gegen die Newtonianiſche Lehre vom Lichte. S. 251-254.



Geſchichte
und gegenwärtiger Zuſtand
der Optik,
vorzüglich in Abſicht auf den phyſikaliſchen Theil dieſer Wiſſenſchaft.

Erſte Periode.
Bis zur Wiederherſtellung der Wiſſenſchaften in Europa.

Die Ereigniſſe beym Lichte und beym Sehen konnten bey der geringſten Aufmerkſamkeit auf die Werke der Natur nicht vernachläßiget werden, beſonders von ſolchen, die nur einigen Trieb hatten, den Urſachen und der Entſtehungsart optiſcher Erſcheinungen nachzuſpüren. Allein man muß geſtehen, daß die erſten Muthmaßungen hierüber nichts ſonderliches hoffen ließen.

Gedanken der Alten vom Sehen.

Diejenigen, welche ſich zuerſt durch den Titel, Philoſophen, auszeichneten, waren nicht einig, ob die Gegenſtände durch etwas, das von ihnen ins Auge kömmt,

oder durch Ausflüſſe aus dem Auge ſichtbar werden. **Pythagoras** glaubte, daß von der Oberfläche der Gegenſtände immerfort Theilchen ſich abſondern, und ins Auge kommen; **Empedokles** und **Plato** aber, daß ein Ausfluß vom Auge einem Ausfluſſe vom Gegenſtande unterwegens begegne, und davon wieder zurück geworfen werde [a]). So ſonderbar dieſe letztere Meynung auch iſt, ſo möchte ich doch nicht mit Montücla [b]) ſagen, es zeige eine geheime Neigung des menſchlichen Verſtandes zum Irrthume an, daß die erleuchteſten Männer dieſes Zeitalters einen ſo ungegründeten Satz haben behaupten können.

Erſte Beobachtungen über den Weg des Lichts.

Ob nun gleich die Platoniſchen Weltweiſen von dem Gange der Sehestrahlen ſehr irrige Begriffe hatten, ſo finde ich doch, daß ihnen zwo wichtige Beobachtungen über den Weg des Lichtes bekannt waren: erſtlich, **daß es von jedem Gegenſtande in gerader Linie fortgepflanzet wird**; zweytens, wenn es von der Oberfläche polirter Körper zurückprellt, daß **der Einfallswinkel dem Zurückſtrahlungswinkel gleich iſt**. Wer dieſe wichtigen Bemerkungen zuerſt gemacht habe, iſt nicht bekannt. So wichtig ſie aber auch ſind, (denn ein großer Theil des itzigen Lehrbegriffs der Optik beruhet darauf) ſo würde man doch vielleicht dem Erfinder, wenn er auch bekannt wäre, kein großes Verdienſt daraus, wenigſtens wegen des erſtern Satzes, machen können. Denn die Sache fällt zu ſehr in die Augen, und iſt ſehr leicht auszumachen. Licht und Schall unterſcheiden ſich hier augenſcheinlich. Den Schall hören wir, es mag zwiſchen uns und dem Urſprunge des Schalles liegen, was da will, wenn nur die Luft einen freyen Zugang hat, ſo gekrümmt er auch ſeyn mag. Hingegen wird ein Gegenſtand unſichtbar, ſobald zwiſchen ihm und dem Auge ein undurchſichtiger Körper liegt.

Die Gleichheit des Einfalls- und Zurückſtrahlungswinkels entdeckte man vielleicht durch Beobachtung der Sonnenſtrahlen, wie ſie von der Oberfläche des Waſſers oder eines andern glatten Körpers zurück geworfen werden; oder etwa aus der Lage der Bilder, welche dergleichen Oberflächen dem Auge darſtellen. Sobald man hierauf Acht gab, mußte man bemerken, daß, wenn der Strahl faſt ſenkrecht auffiel, er auch eben ſo wieder zurückprellte; daß er aber ſchief zurückgieng, wenn er ſchief aufgefallen war. Machte man einige noch ſo rohe und unvollkommene Verſuche, dieſe Winkel zu meſſen, ſo mußte man die Gleichheit beyder Winkel für bewieſen annehmen. Hierbey mußte man noch dieſes anmerken, daß der einfallende und zurückgehende Strahl beyde in derſelben auf die zurückwerfende Fläche ſenkrechten Ebene ſind.

* Zur Erläuterung ſey A B der Durchſchnitt der Oberfläche vom Waſſer, oder einem metallenen Spiegel, mit einer darauf ſtehenden ſenkrechten Ebene, welche die Fläche des Papiers ſeyn mag. In dieſer Ebene falle der Stral C D auf die Oberfläche in D, und mache mit dem Perpendikel D E den Winkel C D E. Der

a) Saverien hiſtoire p. 236. (oder aus den Quellen in den Zuſätzen zu dieſer Periode. K.)
b) Hiſtoire des Mathématiques, Vol. 1. p. 202.

Der Stral geht in derselben Ebene nach D E F zurück, dergestalt, daß der Winkel E D F gleich ist dem E D C. Der Winkel E D C heißt der **Einfallswinkel**, der ihm gleiche E D F der **Zurückstrahlungswinkel**, E D das **Einfallsloth**.

Unter den philosophischen Secten Griechenlands wird man sich umsonst nach Beobachtungen oder Entdeckungen von Wichtigkeit umsehen. Daher zweifele ich nicht, der Leser werde zufrieden seyn, wenn ich nur noch des Aristoteles Gedanken über diese Materie anführe. An Talenten und am Fleiße übertraf ihn vielleicht zu keiner Zeit jemand; unter den Alten wenigstens kam ihn keiner sowohl in der Naturgeschichte als Naturwissenschaft gleich. Aristoteles optische Sätze.

Aristoteles behauptete gegen den Empedokles namentlich, und gegen einige andere, daß das Licht unkörperlich sey. Wenn es nicht eine bloße Qualität, sondern eine wirkliche Substanz wäre, so könnte, sagt er, die Bewegung desselben von Morgen gegen Abend nicht unmerklich seyn, wenn sie es auch in kleinen Weiten seyn sollte [c]). Bey der Untersuchung über die Ursache der Durchsichtigkeit bemerket er, daß diese eine Eigenschaft einiger Körper sey, welche zuerst nur eine innere Kraft ist, die durch das Hinzukommen des Lichts zu einer wirklichen gemacht wird. Daher erkläret er das Licht bloß mit Rücksicht auf diesen Umstand durch die **Wirkung** (Energie, ἐνέργεια) **eines durchsichtigen Körpers, in so ferne er durchsichtig ist** [d]).

Dieser Philosoph sah auch ein, daß die Ursache, warum es in allen Stellen, wohin die Sonne nicht scheint, nicht stockfinster ist, dem Lichte zuzuschreiben sey, welches die Atmosphäre zurück sendet [e]).

Die vornehmsten Erscheinungen an dem Regenbogen, an Höfen um die Sonne und den Mond, Nebensonnen, u. d. g. entwischten der Bemerkung der Alten nicht. Sie begriffen sie unter dem gemeinschaftlichen Namen, Meteore, Lufterscheinungen. Aristoteles bemerket, daß ein Hof ein völliger Kreis um die Sonne, den Mond, oder einen hellen Stern ist, der Regenbogen sey nie mehr als ein halber Kreis, und dieses nur beym Auf- oder Untergange der Sonne; je höher die Sonne am Himmel ist, desto kleiner sey der Kreisbogen, so daß im Sommer zu Mittage in Griechenland kein Regenbogen entstehen könne; dreyerley Farben zeigen sich deutlich daran; wenn zween Regenbögen erscheinen, habe der äußere ein matteres Licht [f]).

Vor dem Aristoteles glaubte man, daß der Mond keinen Regenbogen verursachen könne. Er erinnert, daß man sich hierüber nicht zu wundern habe, da ein Mondsregenbogen nur beym Vollmonde unter mehrern Umständen, die selten

c) Dieses scheint mir unrecht gefaßt zu seyn. Der Beweis geht wider eine mir unverständliche Meynung des Empedokles. In dem übrigen scheint Herr Priestley mir Aristoteles Meynung auch nicht recht verstanden zu haben. Meine Erklärung der Aristotelischen Theorie vom Lichte kann der Leser, wenn ihm daran gelegen ist, in den Zusätzen zu dieser Periode finden. K.

d) de anima L. 2. c 7. e) Ibid. (die Stelle ist unrichtig citirt. K.)

f) Meteor. Lib. 3. c. 2.

zusammentreffen, sich ereignen könne. Er selbst habe in funfzig Jahren nicht mehr als zween gesehen.

Ein künstlicher Regenbogen, führt er an, könne gemacht werden, wenn man mit einem Ruder ins Wasser schlage, oder sonst auf eine andere Art das Wasser herumsprütze, wobey der Zuschauer aber den Rücken gegen die Sonne zugekehrt haben müsse.

Aristoteles glaubte, Regenbogen, Höfe und Nebensonnen würden alle durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen unter verschiedenen Umständen hervorgebracht. Es entstehe dadurch eine Menge Sonnenbilder, deren jedes unvollkommen sey, und nur Farben zeige, weil jeder Tropfen zu klein ist, um ein sichtbares Bild zu geben; die Vereinigung aller Bilder werde erst sichtbar g).

Die Ursache, welche er von der Kreisgestalt der Höfe und des Regenbogens angiebt, beweist die Unvollkommenheit der damaligen Kenntnisse in diesem Stücke. Und doch behalf man sich damit noch einige Zeit nach der Wiederherstellung der Wissenschaften in Europa. Um den Punkt, welcher der Sonne entgegen gesetzt ist, saget er, sind ihre Stralen so durchdringend, daß die Luft oder die Dünste sie nicht aufhalten können. In einer beträchtlichen Entfernung hingegen werden sie zu schwach, um gehörig zurückgeworfen zu werden, so daß genau in einer gewissen Entfernung von jenem Punkte, und also in einem Kreise, die Erscheinung sich zeiget h). Diejenigen, welche das Sehen durch Ausflüsse aus dem Auge bewerkstelligen ließen, erklärten die Sache von den vorwärts ausfahrenden Augenstrahlen auf eine ähnliche Art.

Es kann nichts helfen, die bloßen Meynungen des **Epikurs**, oder anderer Stifter philosophischer Secten zu untersuchen. Denn sie gründen sich alle mit einander auf keine Wahrnehmungen. Sie hatten alle den verworrenen Nebenbegriff, daß, so wie wir entfernte Sachen durch Hülfe eines Steckens oder dergleichen fühlen, auch das Auge sie durch Hülfe des Lichts empfinde. Dies ist auch die Lieblingsidee des **Lukretius**, der Epikurs System genau annimmt.

Zwar waren die Alten nicht unaufmerksam auf die gewöhnlichen Naturbegebenheiten. Aber sie machten wenig oder gar keine Versuche. Ihre Einbildungskraft war nur zu fruchtbar an Hypothesen zur Erklärung der Natur. Eine große Menge optischer Fragen findet man beym Aristoteles, auch etwas, das zu ihrer Auflösung dienen soll; aber es ist schwerlich etwas darunter, das in dieser Geschichte eine Stelle verdiente, weil seine Meynungen sowohl ungegründet sind, als auch zur Erfindung der Wahrheit nichts beygetragen haben. Unter andern Fragen findet man bey ihm auch diese, warum ein Stab, schief ins Wasser gehalten, gebrochen erscheine, woraus erhellet, daß die Strahlenbrechung den Alten nicht ganz unbekannt

g) Ibid. c. 3.

h) Ibid. c. 6. (Es ist in dieser Stelle von den Höfen die Rede. Warum der Regenbogen ein Kreisbogen ist, zeigt A. im 2. K. aus mathematischen Gründen, die ich aber zu prüfen nicht Lust gehabt habe. K.)

kannt gewesen ist. Vermuthlich hat diese Erscheinung das Kunstwort veranlasset. Archimedes soll sogar ein Buch von der Erscheinung eines Ringes unterm Wasser geschrieben haben. Er muß also etwas von der Natur der Strahlenbrechung und dem daraus entstehenden Gesichtsbetruge gewußt haben. Die Kenntnis der Brechung sowohl als der Zurückwerfung der Strahlen kann man immer so alt, als das Sehen selbst halten, so daß die Beobachtung derselben noch keinem zum Range eines Naturforschers erheben kann.

Die Alten haben nicht allein die Wirkungen der gemeinen Strahlenbrechung, sondern auch die **Farben**, welche bisweilen dabey entstehen, wahrgenommen. Seneca saget, wenn das Licht der Sonne durch ein eckichtes Stück Glas falle, spiele es alle Farben des Regenbogens. Aber ohne der Ursache dieser Erscheinung, welche man wahrscheinlich schon lange vor ihm bemerket hatte, nachzuforschen, begnüget er sich zu sagen, es wären dies keine **wahre**, sondern **falsche** Farben, dergleichen man an dem Halse einer Taube sähe, die sich mit der Lage des Halses verändern. So nähme auch ein Spiegel, der für sich farbenlos ist, die Farbe eines jeden Körpers an [i]. Seneca.

Auch war den Alten die **vergrößernde Kraft** durchsichtiger Körper von gewisser Figur nicht unbekannt, ob sie gleich sehr weit davon entfernt waren, daß sie die Ursache eingesehen hätten. Seneca führet an, daß kleine und dunkle Buchstaben durch eine gläserne mit Wasser gefüllte Kugel größer und heller aussehen; auch, daß Aepfel, die in einem solchen Gefäße schwimmen, weit schöner als sonst erscheinen [k].

Sollte ich mich noch nicht hinlänglich gerechtfertiget haben, daß ich dem Leser so wenig von den optischen Kenntnissen der Alten vorlege, so zweifle ich nicht, daß ich es völlig thun werde, wenn ich ihm die Ursache erzähle, die Seneca von der vergrößernden Kraft seiner Glaskugel giebt. Sie ist diese: der Gesichtsstrahl gleitet in dem Wasser ab, und kann den Gegenstand nicht fest halten (acies noſtra in humido labitur, nec apprehendere, quod vult, fideliter poteſt). **Und Alexander Aphrodiſienſis**, der große Ausleger des Aristoteles, der etwa zweyhundert Jahre nach dem Seneca gelebet hat, führet zur Ursache, warum Aepfel im Wasser größer aussehen, dieses an, daß das Wasser, welches irgend einen Körper berührt, von seiner Beschaffenheit und Farbe etwas annehme, (eadem afficitur qualitate et colore) wodurch das Auge verführet wird, den Körper für größer, als er ist, zu halten. [l]

Die alten Steinschneider sollen sich gläserner, mit Wasser gefüllter Kugeln bedienet haben, um sich die Figuren zu vergrößern, und feiner arbeiten zu können. Natter erzählt dies in einem Buche, das er über diese Materie geschrieben hat. Gläserne Kugeln der alten Steinschneider.

Man findet in den Cabineten der Liebhaber gewisse Steine, welche von den Druiden herrühren sollen. Sie sind aus Bergkrystall in verschiedenen Formen gemacht, Krystalle der Druiden.

i) Nat. quaeſt. L. I. c. 7. k) Ibid. c. 6.
l) Porta de refractione p. 28.

macht, darunter ſich einige Kugelförmige und einige Linſenförmige finden. Sie ſind zwar nicht ſo vollkommen gearbeitet, daß ſie die völlige Wirkung thun, aber doch noch immer ſo gut, daß man es ſchwerlich für möglich halten kann, daß ihre Kraft, wenigſtens in Abſicht auf die Vergrößerung denen, die ſie oft in Händen gehabt haben, hätte unbekannt bleiben können. Vielleicht waren gar die Kugel- und Linſenförmigen eigentlich zu Vergrößerungs- und Brenngläſern beſtimmt. Einer dieſer Steine, von den Kugelförmigen, etwa anderthalb Zoll im Durchmeſſer, wird unter den Foſſilien aufbehalten, welche D. Woodward der Univerſität zu Cambridge geſchenket hat, in derer Verzeichniſſe er auch zu finden iſt.

Erläuterungen aus der Dioptrik.

fig. 1.

*) Die Beſchaffenheit der Strahlenbrechung einigermaaßen zu zeigen, ſtelle die Linie A B den Durchſchnitt der Oberfläche des Waſſers oder ſonſt eines durchſichtigen Körpers, der dichter als Luft iſt, mit einer auf dieſe Fläche ſenkrechten Ebene vor. Der Strahl C D falle in dieſer Ebene aus der Luft ſchief auf die Fläche des Waſſers in D, ſo geht er nicht in der geraden Linie D G fort, ſondern wird in die Linie D H, nach dem Perpendikel D I zu gebrochen. Der gebrochene Strahl liegt mit dem einfallenden in derſelben auf das Waſſer ſenkrechten Ebene. Der Winkel C D E heißt der Einfallswinkel, I D H der Brechungswinkel, die auf das Waſſer in D ſenkrechte E D I das Einfallsloth.

fig. 2.

*) Umgekehrt geht ein Strahl H D, der aus dem Waſſer kömmt, nicht nach der geraden Linie D K fort, ſondern wird nach D C von dem Perpendikel abwärts gebrochen. Eine Sache unter dem Waſſer ſcheint daher dem Auge höher zu liegen, als ſie wirklich liegt. Denn es ſtelle A B die Oberfläche des Waſſers, C einen leuchtenden Punkt unterm Waſſer vor. Die Stralen, welche von demſelben bey D ausfahren, werden nach E hin ſo gebrochen, daß ſie von einem Punkte F, der höher als C liegt, herzukommen ſcheinen. Ein Auge bey E glaubt alſo die Sache in F zu erblicken. Daraus begreift man, warum ein Stock ſenkrecht ins Waſſer gehalten, verkürzt, ſchief gehalten, gebrochen erſcheint. Auch, wie es möglich iſt, ein Stück Geld, das auf dem Boden eines Gefäßes liegt, nicht zu ſehen, wenn das Gefäß leer iſt, und, ohne das Auge zu rücken, es ſehen zu können, wenn Waſſer hineingegoſſen wird. Dieſer letztere Verſuch, womit man Leute, die mit den Eigenſchaften des Lichts nicht bekannt ſind, immer auf eine angenehme Art überraſchet, iſt vermuthlich einer der früheſten unter den optiſchen. Die Aelteſten optiſchen Schriftſteller gedenken deſſelben *m*).

Ohne ſich auf eine nähere Unterſuchung der Natur des Lichts und des Sehens einzulaſſen, begnügten ſich die alten Geometer damit, daß ſie ihre Optik auf den beyden oben angeführten Sätzen, von dem Wege des Lichts in gerader Linie, und von der Gleichheit des Einfalls- und Zurückſtrahlungswinckels gründeten. Die Anfangsgründe der Optik und Katoptrik, welche man dem Euklides zuſchreibt, enthalten jene Unterſuchungen über die ſcheinbare Größe und Geſtalt der Gegenſtände

Euklides.

nach

m) Z. E. Euclides, Catoptr. praef. A.

nach dem Winkel, unter welchem sie dem Auge erscheinen; diese Bestimmungen der scheinbaren Stelle des Bildes, welches ein polirter Spiegel von einem Gegenstande darstellet. Aber diese Werke sind so unvollkommen und so nachläßig geschrieben, daß sie, wie ich glaube, nicht für ächte Schriften des berühmten Geometers gehalten werden.

Da die Alten mit den Erscheinungen des zurückgeworfenen Lichts noch ziemlich bekannt gewesen zu seyn scheinen, so will ich hier die vornehmsten Fälle derselben vortragen. Man hat dabey zugleich das wesentlichste der Euklideischen Katoptrik.

Erläuterungen aus der Katoptrik.

Wenn die zurückstrahlende Fläche eine Ebene ist, so werden die zurückgeworfenen Strahlen unter sich dieselbe Neigung behalten, welche die einfallenden gegen einander hatten. Sind die letztern gleichlaufend, so sind es jene auch. Anders aber verhält es sich bey erhabenen oder hohlen Flächen, weil die Einfallslothe hier nicht, wie bey der ebenen Fläche, mit einander parallel sind. Wenn Parallelstrahlen auf die erhabene Seite einer Kugelfläche fallen, so werden die zurückgeworfenen aus einander fahren, weil die Einfallslothe es thun. Fallen sie auf die hohle Seite einer Kugelfläche, so werden sie beym Zurückgehen zusammenlaufen, weil die Einfallslothe von der zurückwerfenden Fläche abwärts zusammengehen.

*) Mit den Bildern verhält es sich folgendergestalt. Es sey S V eine gerade Linie auf einem ebenen Spiegel gezogen, auf welche von dem Punkte A des Gegenstandes A B die senkrechte A C I, und ein Strahl A F falle. Dieser werde nach F H zurückgeworfen, und schneide rückwärts verlängert die senkrechte A C I in I. Wegen der Gleichheit des Einfalls- und Zurückstrahlungswinkels sind die Dreyecke A C F, I C F, und in ihnen die Seiten A C, C I, gleich. Alle andern Strahlen, wie A G, welche auf irgend einen andern Punkt des Spiegels, G, fallen, werden gleichfalls nach G K so zurückgeworfen, daß sie rückwärts verlängert durch I gehen. Ein Auge bey H K empfängt also die Strahlen, die von A auf den Spiegel fallen, als wenn sie von I herkämen. Darum heißt I des Punktes A Bild. Ein jeder anderer Punkt des Gegenstandes B hat gleichfalls sein Bild in der auf dem Spiegel senkrechten B M, so weit hinter dem Spiegel, als B davor liegt. Das Bild I M des ganzen Objects A B ist daher demselben gleich, und liegt auf dieselbe Art hinter dem Spiegel, wie dieses vor demselben. fig. 3.

* Für hohle und erhabene Spiegel giebt es keinen Punkt, in welchem sich die von einem jeden leuchtenden Punkte auffallenden Stralen, nachdem sie zurückgeworfen sind, vereinigten. Doch enthält auch bey ihnen das Perpendikel von dem leuchtenden Punkte auf die Fläche des Spiegels (cathetus incidentiae) denjenigen Punkt, um welchen die zurückgeworfenen Strahlen oder ihre Verlängerungen am dichtesten zusammen kommen, in welchen man deswegen den Ort des Bildes zu setzen hat. Euklides setzt ihn schon in diese Linie. Sein Grund ist zwar nicht hinreichend. Er saget, wenn man bey Kugelspiegeln das Auge in die Linie von dem leuchtenden Punkte nach dem Mittelpunkte stellet, so könne man kein Bild sehen. Dieses übrigens vorausgesetzt, sey der Kreisbogen S V der Durchschnitt eines erhabenen Kugelspiegels mit der Ebene, worinne die Zurückstrahlung geschieht, C der Mittelpunkt des Spiegels fig. 4.

Spiegels und des Bogens, A B der Gegenſtand. Die Strahlen A F, A G, welche nicht zu weit von A C auf den Spiegel fallen, werden ſo zurück geworfen, daß ſie rückwärts verlängert, in einem Punkte, I, der Linie A C, zwiſchen dem Spiegel und ſeinem Mittelpunkte ſinnlich genau zuſammen kommen. Das Einfallsloth iſt der Halbmeſſer durch jeden Einfallspunkt, F, mit welchem der einfallende und zurückgehende Strahl gleiche Winkel machen müſſen. Der Punkt I heißt das Bild von A, und ſo hat auch der Endpunkt B ſein Bild in dem Punkte M der Linie B C. Der Gegenſtand erſcheint aufrecht und verkleinert.

* Wird der Gegenſtand A B von dem Hohlſpiegel S V abgebildet, und er befindet ſich zwiſchen dem Spiegel und dem Mittelpunkte, ſo werden die Strahlen A R, fig. 5. A G, ſo zurück geworfen, daß ſie die Linie durch A und C, in welcher angenommenermaßen ihr Vereinigungspunkt liegt, erſt jenſeits des Spiegels in I erreichen. Eben ſo liegt das Bild des Punktes B hinter dem Spiegel in M auf der Verlängerung von C B. Das Bild des Gegenſtandes iſt umgekehrt und größer als die Sache.

An dem Hohlſpiegel ereignet ſich eine beſondere Erſcheinung, die auch den Alten nicht unbekannt geweſen iſt, wie man aus dem 29. Theorem der Euklideiſchen Katoptrik ſieht. Es iſt das Bild eines Gegenſtandes, welches der Zuſchauer zwiſchen ſich und dem Spiegel in der Luft ſchweben ſieht. Dieſes Bild entſteht, wenn fig. 6. der Gegenſtand über dem Mittelpunkte vor dem Spiegel hinaus liegt, wie in Fig. 6, wo die Stralen A G, A R, welche von A auffallen, ſo zurückgeworfen werden, daß ſie die Linie durch A und den Mittelpunkt des Spiegels C zwiſchen C und dem Spiegel ſchneiden. So haben die Strahlen von B ihren Mittelpunkt in M, und das Bild liegt vor dem Spiegel in einer umgekehrten Lage, dergeſtalt, daß ein Auge, wenn es in der gehörigen Stellung ſich befindet, es in der Luft ſchweben ſieht. Geht der Zuſchauer näher hinzu, um es genauer zu betrachten, ſo wird es nicht vor ihm fliehen; aber er wird nichts finden, wenn er darnach greift, ohngeachtet es das Anſehen eines feſten Körpers hatte. Das Hohlſpiegel vergrößern, erwähnen **Seneca** ſowohl als **Plinius**.

Es iſt nicht unwahrſcheinlich, daß die Römer ihr heiliges Feuer durch reflectirende Hohlſpiegel anzuzünden gewußt haben, und ſo wäre es ziemlich frühe bekannt geweſen, daß in dem Vereinigungspunkte der zurückgeworfenen Strahlen eine Hitze entſteht. Die zündende Kraft der Hohlſpiegel bemerket Euklides, Katoptrik, 31 Satz. Wenn wir den Berichten der alten Geſchichtſchreiber nur ein wenig Glauben beymeſſen wollen, ſo hätte Archimedes von dieſer Eigenſchaft einen außerordentlichen Gebrauch gemachet, da er durch Hülfe ſehr großer Brennſpiegel die feindliche Flotte vor Syrakus angezündet. Weil man aber nichts von andern weis, die ſeine Erfindung genutzet hätten, ſo iſt die Sache ſehr zweifelhaft. Sonſt ſoll dieſer große Geometer über Brennſpiegel eine Schrift verfaſſet haben, die aber nicht mehr vorhanden iſt.

Brennſpiegel des Archimedes.

J. B.

J. B. Porta glaubet n), daß die Brennspiegel der Alten aus Metall in parabolischer Form gemacht gewesen seyn. Die Parabel hat die Eigenschaft, daß alle Strahlen, welche parallel mit der Axe auf sie einfallen, nach einem und demselben Punkte der Axe, dem Brennpunkte, hin zurückgeworfen werden. Läßt man die Parabel sich um ihre Axe drehen, und schneidet von dem Afterkegel ein Stück um den Scheitel herum ab, so hat man einen brauchbaren Brennspiegel. Mit einem solchen Brennspiegel, glaubt man, hätten die Römer ihr heiliges Feuer angezündet. Nach einigen hat auch Archimedes sich eines solchen Brennspiegels bedienet, und dazu noch ein linsenförmiges Glas, oder einen kleinen parabolischen Spiegel genommen, um die Strahlen, welche in dem Brennpunkte des Großen sich vereiniget hatten, damit aufzufangen, und sie parallel und verdichtet fortzusenden. Aber Dechales zeigt, daß es unmöglich ist, andere Strahlen parallel unter einander ausfahren zu machen, als die, welche von einem und demselben Punkte der Sonne herkommen o).

Aus

n) Magia natur. L. 17. c. 14. 15.

o) Cursus mathem. vol. 3. p. 722. (Ein Parabolischer Spiegel wirft keine andern Strahlen nach dem Brennpunkte hin, als welche parallel mit der Axe einfallen, das ist, welche von einem Punkte der Sonne, obgleich nicht genau einem mathematischen, herkommen. Ein zweyter paraboliſcher Spiegel oder ein Linsenglas können auch keine andere wieder parallel machen. Dieses ist leicht einzusehen. Es scheint aber fast, Dechales glaube, daß die Strahlen von einem Punkte der Sonne nicht kräftig genug zum Zünden sind, wiewohl ich ihm dies nicht aufbürden will, da ich ihn nicht zur Hand habe. Sonst möchten die Hauptursachen, warum Archimedes sich keiner paraboliſchen Spiegel bedienet haben kann, diese seyn: daß der zweyte Spiegel die Lichtstrahlen schwerlich dichte genug zusammen bringt, da man noch auf den Verlust unterwegens rechnen muß; zweytens, daß der Ort der Spiegel mit der Sonne und der anzuzündenden Sache ohngefähr in gerader Linie seyn muß, weswegen es unmöglich werden mußte, die Schiffe zu treffen, wenn nicht die Sonne eine bequeme Stelle dazu am Himmel hatte.

Das Zeugenverhör fällt bey der Untersuchung dieser Sache ziemlich wunderbar aus. Polybius, Livius, Plutarchus, die dazu die beste Gelegenheit gehabt, erwähnen nichts davon. Unter den ältern gedenket auch keiner der Sache als Galenus, der zwar saget, daß Archimedes die Schiffe der Römer angezündet habe, aber nicht durch Spiegel, sondern durch Feuerkugeln oder dergleichen, (διὰ τῶν πυρίων) de temperam. L. 3. c. 2. Erst aus dem zwölften Jahrhunderte traten zwey Schriftsteller auf, Zonaras und Tzetzes, die für sich selbst hierinne nichts zeugen können, aber von denen der letztere sich auf eine Menge alter Schriftsteller, den Dio, Diodorus, Hero, zwey Philonen, die vom Maschinenwesen geschrieben haben, und den Anthemius, einen freylich spätern Zeugen, berufet. Zum Unglücke sind von den Geschichtbüchern des Dio und Diodorus die Stücke verloren, wo sie von den Wundern mit den Brennspiegeln mögen geredet haben. In den übrigen Schriften der andern findet man auch nichts hievon. Anders als durch eine Menge ebener Spiegel kann Archimedes die römischen Schiffe nicht angezündet haben. Die Beschreibung des Tzetzes deutet wirklich etwas dergleichen an. In den neuern Zeiten hat Büffon mit 400. ebenen Spiegeln in einer Entfernung von 140. Fuß Bley und Zinn geschmolzen, und in einer weit größern Holz angezündet. (Mem. de l'acad. des Sc. 1746.) Ausführlicher handeln hiervon Montucla hist. des Math. T. I. p. 246 seqq.

Brenngläſer, wie weit ſie den Alten bekannt.

Aus einem Umſtande in der Geſchichte des Sokrates ſcheint zu folgen, daß die Alten ſchon die Wirkung der Brenngläſer gekannt haben. In den Wolken des Ariſtophanes 2 Aufz. 1 Auftr. meldet Strepſiades, ein alter Dummkopf, dem Sokrates, er habe ein vortreffliches Mittel erfunden, ſeiner Schuldner los zu werden. Er wolle mit einem Glaſe die Buchſtaben ſeiner Handſchriften ſchmelzen. Der Scholiaſt ſaget, es ſey ein rundes dickes Glas geweſen.

Plinius, B. 36. C. 26. und B. 37. C. 2. redet von gläſernen und kryſtallenen Kugeln, welche gegen die Sonne gehalten, Kleider oder Fleiſch ausbrennen können. Lactantius, de ira Dei, ſaget, daß Glaskugeln, ſelbſt mit kaltem Waſſer gefüllet, zünden können, wenn man ſie gegen die Sonne halte. Da die Alten dergleichen Wirkungen kannten, ſo iſt es wunderbar, daß ſie keinen beſſern Gebrauch davon machten. De la Hire ſchreibt es ihrer ſchlechten Theorie vom Lichte und Sehen zu, mit welcher ſie dieſe Wirkungen nicht hätten reimen können p). Denn iſt wieder nicht zu begreifen, warum ſie nicht lieber ihre Theorie in Zweifel gezogen, und eine Hypotheſe verworfen haben, nach welcher jene Begebenheiten ſich nicht erklären ließen. Dr. Hooke machet einige Anmerkungen über de la Hires Aufſatz, und ſchließt damit, daß er überhaupt der Meynung ſey, die Alten hätten von keinen andern Brenngläſern, als den Kugelförmigen etwas gewußt; die linſenförmigen wären ihnen ganz unbekannt geweſen q).

Meynungen des Seneca.

Ueber optiſche Materien findet man nichts von den Zeiten des Euklides bis zum Seneca, der die unvollkommenen Meynungen des Ariſtoteles über den Regenbogen mit etwas von ſeinem eigenen vorträgt, als, daß die Kreisfigur des Regenbogens ſowohl als der Höfe, aus einer Bewegung der Atmoſphäre und der darinnen befindlichen Dünſte durch den Anſtoß des Lichts entſtehe; auf eine ähnliche Art, wie die Kreiſe auf der Fläche des Waſſers um den Ort, wo ein Stein hineingeworfen wird r).

Der Regenbogen, ſaget er, ſey das von einer hohlen und feuchten Wolke zurückgewo ſene Bild der Sonne. Daß es verworren iſt, verurſache die Beſchaffenheit und Figur des Spiegels; daß es farbicht iſt, rühre von der Vermiſchung der Farben des Sonnenlichts und der Farbe der Wolke her. Denn das Sonnenlicht ſey verſchiedentlich gefärbt, nachdem es ſtärker oder ſchwächer iſt s).

Waſſer-

und Liebknecht de ſpeculis cauſticis. Ienae 1704. Eine ähnliche Geſchichte kommt im ſechſten Jahrhunderte wieder vor, da die Flotte des Vitalianus vor Conſtantinopel durch Brennſpiegel ſoll verbrannt ſeyn. Zonaras ſchreibt es dem Proklus zu. Wenn dieſes der Mathematiker und Platoniſche Philoſoph ſeyn ſoll, ſo finde ich die Zeiten nicht übereinſtimmend. Proklus ſtarb im J. 485. Die Unternehmung des Vitalianus fällt ins J. 514. Sonſt führt Vitellio in ſeiner Optik L. V. prop. 65. an, daß Anthemius behauptet habe, mit 24 Planſpiegeln könne man Feuer anzünden, worüber er aber keine Erfahrung beybringe. K.)

p) Mem. de l'acad. Par. 1708. p. 140.

q) Hooke's experiments, by Derham. p. 348. (Man ſehe auch noch Käſtners vollſt. Lehrbegriff der Optik S. 380. K.)

r) Qu. nat. Lib. I. c. 2.

s) Ibid. c. 3.

Wassertropfen, die durch den Schlag eines Ruders ins Wasser herum sprützen, fallen zu geschwinde nieder, um ein vollkommenes Bild der Sonne darstellen zu können [t]). Daß das Bild der Sonne vergrößert und verzogen in den Wolken erscheine, sey kein Wunder, da manche Spiegel dergleichen verzogene Bilder machen. Im Wasser erscheine ein jedes Ding größer, daher das Sonnenbild auch, weil es von einer feuchten Wolke zurückgeworfen wird, welche sowohl von der Natur des Glases als des Wassers etwas an sich habe [u]).

Heliodorus von Larissa.

Heliodorus von Larissa, dessen Zeitalter nicht bekannt ist, der aber nach dem Tiberius, dessen er erwähnt, muß gelebt haben, glaubte, das Sehen werde durch Ausflüsse aus dem Auge bewirket, welches in dieser Absicht der Sonne ähnlich sey, weil die Sonnen- und Gesichtsstrahlen auf dieselbe Art zurückgeworfen werden. Die Gestalt des Auges selbst, meynt er, müsse diese Meynung bestätigen. Da es hervorraget, sey es nicht geschickt, Strahlen aufzufangen; hierzu komme noch, daß einige Thiere im Dunkeln sehen können.

Ptolemäus.

Eine Schrift über die Optik von dem berühmten **Ptolemäus**, der 150 Jahre nach Christi Geburt lebte, ist verlohren; aber aus andern Nachrichten weis man, daß er von der astronomischen Strahlenbrechung darinn gehandelt hat [v]). Obgleich die Strahlenbrechung überhaupt ziemlich frühe bemerkt seyn mag, so sind doch vielleicht die Naturforscher erst späte darauf gekommen, daß die Strahlen von der Sonne, dem Monde und den Sternen, wenn sie schief auf den dicken Dunstkreis um die Erde fallen, durch die Brechung von der geraden Linie abgelenket werden, und daß diese Körper dadurch höher am Himmel als sonst erscheinen müssen. Die ersten Astronomen bemerkten nicht, daß der Abstand zweener Sterne von einander am Horizonte kleiner ist, als beym Mittagskreise, und müssen daher mit ihren Beobachtungen oft in Verlegenheit gerathen seyn. Aber Ptolemäus hat diesen Umstand gewiß gekannt, da er die Erinnerung giebt, bey dem Gebrauche alter Beobachtungen daran zu denken [w]).

Er hat in dieser Schrift auch eine sehr vernünftige Erklärung von der scheinbaren Vergrößerung der Sonne und des Monds nahe am Horizonte gegeben. Die Seele, sagt er, urtheilt von der Größe der Gegenstände nach einer vorgefaßten Schätzung ihrer Entfernung, und diese scheint größer, wenn viele Gegenstände zwischen dem Auge und der betrachteten Sache liegen, wie es der Fall ist, wenn die

t) Ibid. c. 5.

u) Ibid. c. 6.

v) Roger Bacon führt die Optik des Ptolemäus sehr oft an. Er spricht, Alhazen habe seine Optik ganz darauf gegründet. (Perspect. p. 52. ed. Combach.) Von der Katoptrik hat Ptolemäus in seiner Optik gehandelt (Bacon l. c. p. 135.) Ich zweifle daher, daß er sich bloß mit der astronomischen Strahlenbrechung darinne beschäfftiget habe. K.

w) Smith's Opticks. Remarks p. 54. (der Kästnerischen Ausgabe S. 418. Aber die daselbst aus dem Almagest L. III. c. 9 citirte Stelle enthält nichts hieher gehöriges. Ich finde bis jetzt an den Stellen, wo P. von der Strahlenbrechung müßte was erwähnt haben, nichts davon. K.)

Himmelskörper nahe beym Horizonte ſind x). Aber in ſeinem Almageſt ſchreibt er dieſe Vergrößerung der Brechung der Strahlen durch die Dünſte zu, welche den Winkel, unter dem Sonne und Mond erſcheinen, wirklich vergrößern, ſo wie der Geſichtswinkel bey einer untern Waſſer geſehenen Sache vergrößert wird y). In der letzten Periode unſerer Geſchichte wird dieſe Sache mehr aufgeklaret werden.

Optik der Araber.

Nach dem Ptolemäus finden wir wiederum eine große Lücke in der Geſchichte der Optik. Sie ward während der finſtern Zeiten in Europa, ſo wie andere Theile der Mathematik und Naturkunde, hauptſächlich von den Arabern bearbeitet. Der erſte optiſche Schriftſteller dieſer Nation, von dem wir Nachricht haben, iſt Al Farabi, etwa 900 Jahre nach C. G. Seine Schrift iſt nicht zu uns gekommen. Um das Jahr 1000. ſchrieb Ebu Haithem z) weitläuftiger über die Optik, und handelte in beſondern Abtheilungen von dem gerade fortgehenden, dem zurückgeworfenen und gebrochenen Lichte, berührte auch die Brennſpiegel. Allein ſein Werk iſt gleichfalls verloren gegangen.

Alhazen.

Das einzige optiſche Werk, welches uns von den Arabern übrig geblieben iſt, hat den Alhazen aus dem zwölften Jahrhunderte zum Verfaſſer, und verdient wohl bemerkt zu werden, da es mit vieler Sorgfalt ausgearbeitet iſt. Er ertheilt darinne eine erträgliche Beſchreibung des Auges, handelt weitläuftig von der Beſchaffenheit des Sehens, und behauptet zwar ſchon, daß die kryſtallene Feuchtigkeit ein Hauptwerkzeug zum Sehen ſey, betrachtet ſie aber doch noch nicht wie ein Linſenglas. Zum Sehen, ſaget er, ſey nöthig, daß die Empfindungen von äußern Gegenſtänden durch die Sehenerven zum Gehirne fortgepflanzet würden. S. 8. 34. (der Risneriſchen Ausgabe). Daß wir mit zwey Augen nur einfach ſehen, erklärt er daher, daß die Seele, wenn zwey ähnlich liegende Theile der Netzhaut gerührt werden, nur ein einziges Bild empfindet. S. 79. Er unterſuchet auch umſtändlich die Geſichtsbetrüge, die ſich ſowohl bey gerade fortgehenden, als zurückgeworfenen oder gebrochenen Lichtſtrahlen ereignen.

Alhazen ſcheint ſich beſonders um die Strahlenbrechung mehr als die Alten bekümmert zu haben. Denn er hat Verſuche darüber, wie ſie an der gemeinſchaftlichen Oberfläche von Luft und Waſſer, Luft und Glas, Waſſer und Glas, beſchaffen iſt, angeſtellet. Er vermuthete auch in dem kryſtallenen Himmel, den er nach der damaligen Meynung annahm, eine Strahlenbrechung, und glaubte ſie durch aſtronomiſche

x) Montucla hiſt. d-s Math. Vol I. p. 309. (Rogeri Baconis Perſpect. pag. 118. ed. Combach. K.)

y) Robins's Tracts. Vol 2. p. 235. (Ptolem Almag. l. I. c. 3. Auf dieſe Art haben auch mehrere unter den Alten ſich die Vergrößerung der Sonne am Horizonte vorgeſtellet. S. Strabo Geogr. l. 3. init. woſelbſt auch noch einer Sage erwähnt wird, daß die Sonne in dem Ocean mit einem Geräuſche untergienge, wie es ein glühendes Eiſen ins Waſſer geſtecket machet K.)

z) Montücla nennt ihn Ibu Heitem. Einen Aſtronomen dieſes Namens führt Weidler an. Hiſt. Aſtron. p. 220. Ich bemerke dies nur zu meiner Empfehlung; da die Orthographie dieſes Namens ſonſt nicht von Wichtigkeit iſt. — Roger Bacon führt auch noch einen Araber, Jacob Alkindi, an, der von der Optik geſchrieben hat. K.

aſtronomiſche Beobachtungen darthun zu können. Hieraus leitet er verſchiedene Eigenſchaften der aſtronomiſchen Strahlenbrechung her, als: daß die Höhen der Geſtirne dadurch vergrößert werden. Auch hat er zuerſt behauptet, daß die Sterne zuweilen durch die Strahlenbrechung über dem Horizonte geſehen werden, wenn ſie noch wirklich darunter ſind. Dieſe Bemerkung ward durch Vitellio, Bernhard Walther, und hauptſächlich durch die genauen Beobachtungen Tycho Brahes beſtätiget [a]). Der Strahlenbrechung ſchreibt er die Verringerung der Durchmeſſer und Entfernungen der Geſtirne, auch das Blinkern der Sterne zu. Aber man findet nicht, daß er, oder ſein Nachfolger Vitellio, ihre wahre Größe anzugeben gewußt hätten. Wirklich iſt ſie auch zu klein, um anders als durch genaue Werkzeuge beſtimmt werden zu können. Es iſt deswegen ganz ſtille davon bis zum Jahre 1500., um welche Zeit Walther, Möſtlin, vor allen aber Tycho Brahe vorzügliche Sorgfalt darauf wandten [b]).

Alhazen glaubte, die Strahlenbrechung in der Atmoſphäre hänge nicht von den Dünſten darinne ab, wie vermuthlich die Naturkündiger vor ihm mögen gedacht haben, ſondern von der verſchiedenen Durchſichtigkeit, darunter er, wie Montucla muthmaßet, die verſchiedene Dichtigkeit der groben Luft zunächſt der Erdfläche, und des Aethers, der feinen Luft über jener, verſtand [c]).

Bey der Unterſuchung über die Wirkungen der Strahlenbrechung ſucht er zu beweiſen, ſie ſey ſo wenig die Urſache der ſcheinbaren Vergrößerung der Himmelskörper am Horizonte, daß ſie vielmehr ſie verkleinern müßte, weil zwey Sterne am Horizonte näher bey einander erſcheinen, als am Mittagskreiſe [d]). Dieſe Erſcheinung ſetzet er unter die Geſichtsbetrüge. Unſer Urtheil von der Größe, ſaget er, gründe ſich auf die Vergleichung des Sehewinkels und der angenommenen Entfernung der Sache; ſo daß bey ohngefähr gleichen Sehewinkeln die Sache, welche man weiter zu ſeyn glaubet, größer zu ſeyn ſcheint. Der Himmel unweit des Horizonts dünke uns weiter von uns zu ſeyn, als an andern Stellen ſeines Gewölbes. S. 282. Roger Bacon eignet dieſe Erklärung dem Ptolemäus zu, und als eine dieſem zugehörige unterſuchet und beſtreitet ſie Porta [e]).

Ferner findet man bey ihm die erſte deutliche Meldung von der Vergrößerung durch Gläſer, daher es nicht unwahrſcheinlich iſt, daß dieſes die nützliche Erfindung der Brillen veranlaſſet hat. Denn er ſaget, eine Sache hart an die Grundfläche des größern Abſchnittes einer gläſernen Kugel gehalten, erſcheine vergrößert. Gleich-

a) Kepleri Paralip. p. 150.

b) Smith's Opticks, Remarks. p. 58 59 (der deutſchen Ausgabe S. 421. K.)

c) Montucla vol. I. p. 352. (Alhazen ſagt im 15. S. des 7ten B. ausdrücklich, die Subſtanz des Himmels ſey ſubtiler als die Subſtanz der Luft. Er giebt daſelbſt ein Mittel an, die Strahlenbrechung zu finden. Man ſoll die Declination eines Sternes beym Aufgange und nahe beym Zenith beobachten, und zwar nach damaliger Art mit einer Armille, welches aber wohl ziemlich fehlerhaft ausfallen mußte. K.)

d) Montucla l. c. (Alhazen L. VII. p. 53. 54 K.)

e) de refractione p. 24 128.

falls unterſuchet er auch die Erſcheinung eines Gegenſtandes durch eine Kugel, und giebt ſich für den erſten aus, der die Strahlenbrechung im Auge beobachtet habe *f*).

Montücla ſaget *g*), Alhazen fehle in der Beſtimmung der Geſetze der Strahlenbrechung, des Brennpunktes gläſerner Kugeln, und der ſcheinbaren Größe eines Gegenſtandes, den man dadurch ſieht. Saverien beſchuldiget ihn *h*), daß ſeine Beweiſe ſo verworren ſind, daß man Mühe habe, ſie zu verſtehen. Ich ſetze noch hinzu, daß ſein Vortrag ungemein weitläuftig und voll übertriebener Ariſtoteliſcher Spitzfindigkeit iſt.

Vitellio. Vitellio, aus Pohlen gebürtig, gab ſich viele Mühe, Alhazens Optik zu erklären. Sein Werk kam um das J. 1270 heraus. Es enthält faſt alles Gute aus dem Alhazen, und iſt weit ordentlicher und deutlicher abgefaßt. Er bekümmert ſich beſonders um die Verminderung des Lichts durch die Zurückwerfung und Brechung, wagts aber nicht, ihre Größe zu beſtimmen *i*). Die Reſultate ſeiner Verſuche über die brechende Kraft der Luft, des Waſſers und des Glaſes, bey verſchiedenen Einfallswinkeln, brachte er in eine Tafel *k*).

In ſeiner Erklärung von dem Anſcheine des Mondes am Horizonte ſtimmet er vollkommen mit Alhazen überein, und bemerket noch, daß im Horizont der Himmel die Erde zu berühren, und weiter als nach dem Zenith zu von uns entfernet zu ſeyn ſcheine, weil der Zwiſchenraum längſt der Oberfläche der Erde eine Menge Gegenſtände darſtellet *l*).

Das Blinkern der Fixſterne ſchreibt er der Bewegung der Luft zu, in welcher das Licht gebrochen wird; wobey er zur Erläuterung anführet, daß ſie noch ſtärker blinkern, wenn man ſie im bewegten Waſſer betrachte *m*).

Er zeiget, daß zur Hervorbringung des Regenbogens ſowohl eine Brechung als Zurückwerfung nöthig ſey, weil der Körper, worauf die Strahlen fallen, ein durchſichtiges Weſen iſt, deſſen Oberfläche einen Theil von ihnen bricht, den andern zurückwirft. Aber er ſcheint die Brechung nur als ein Mittel zur Verſtärkung des Lichts anzuſehen, wodurch es dem Auge empfindbarer werden ſoll *n*).

Der Farben im Regenbogen nimmt er drey an; glaubet aber, wie Seneca, daß ſie aus einer Vermiſchung des Sonnenlichts mit der dunkeln Farbe der zurückwerfenden Wolke entſtehen, ſo wie überhaupt das Licht die Farben der Körper annehme, welche es zurückwerfen oder durchlaſſen *o*). Er machet noch mancherley Bemerkungen, beſonders über die Höhe des Regenbogens in Vergleichung mit der Höhe der Sonne, und zeiget, daß in manchen Ländern zu Mittage kein Regenbogen ſichtbar werden

f) Smith's Opticks. Remarks, pag. 15. (der deutſchen Ausgabe S. 388. Ich finde, daß Alhazen L. VII. prop. 44. 45. die Sache an den kleinern Abſchnitt der Kugel ſtellet. K.)

g) Hiſtoire p. 625.

h) Hiſtoire p. 242.

i) Optica p. 190. 414. (nach der Risneriſchen Ausg.)

k) Ib. p. 412.

l) Ib. p. 124.

m) Ib. p. 449.

n) Ib. p. 458.

o) Ib. p. 461.

werden könne, nämlich alsdenn, wenn die Höhe der Sonne größer als der Halbmesser des Bogens ist, weil die Mittelpunkte der Sonne und des Regenbogens sich immer in einer geraden Linie mit dem Auge des Zuschauers befinden. Einige, führet er an, hätten bemerket, daß die Höhe des Bogens und der Sonnen zusammen immer 42 Grad ausmachen; erinnert aber, daß die Strahlenbrechung in der Atmosphäre einen kleinen Unterschied hierin verursachen werde p).

Da dieser Schriftsteller noch so unvollkommene Begriffe von dem Regenbogen hat, so wird es nicht der Mühe wehrt seyn, seine Gedanken über Höfe und Nebensonnen anzuführen, deren Erklärung er und seine Vorgänger noch weniger gewachsen waren.

Er erdachte auch einen Versuch, die Regenbogenfarben durch ein rundes mit Wasser gefülltes, in Sonnenschein gestelltes Glas hervorzubringen. Es zeigen sich nämlich dabey auf der Erde, oder worauf sonst das Glas steht, dergleichen Farben, die nach seiner Bemerkung noch schöner werden, wenn man das Glas von aussen anfeuchtet. Er hält sie aber nicht für wahre Regenbogenfarben, weil die Anzahl verschieden sey, und man sie nicht durch Zurückstrahlung, sondern durch gerade fortgepflanztes Licht sehe. Dies ist offenbar eine sehr mangelhafte Beschreibung dieser Erscheinung. Auch zeiget seine Erklärung, wie wenig man hievon noch zu seiner Zeit verstand. Weiter bemerket er auch nicht, daß die runde Gestalt des Glases nichts zur Sache thut q).

Vitellio machte einige sinnreiche Versuche, die Strahlenbrechung zu erklären, und ihr Gesetz zu erforschen. Er läßt sich auch auf die Bestimmung des Brennpunktes einer gläsernen Kugel, und der scheinbaren Größe eines dadurch gesehenen Gegenstandes, ein; verfehlt aber, wie Montücla saget r), in allem diesem die Wahrheit.

Porta beschuldiget den Vitellio, daß er immer irre, wenn er sich vom Alhazen entfernet, und nennt ihn desselben Affen s). Dieses saget er bey der Gelegenheit, da er den Fehler rüget, den Vitellio in der Bestimmung des Brennpunktes einer Kugel macht. Vitellio glaubet nämlich, daß, weil die senkrechten Strahlen in dem Mittelpunkte zusammen kommen, die größte Kraft daselbst seyn müsse; da man aber über die zündende Kraft in diesem Punkte keinen Versuch machen kann, so wünschet er, daß man eine Halbkugel, oder noch lieber einen kleinen Abschnitt zu dem Versuche ausarbeiten möchte t). Doch hätte Porta dem Vitellio die Gerechtigkeit wiederfahren lassen sollen, anzuführen, daß er an eben dem Orte, wo er jenes saget, auch gleich vorher die Möglichkeit zeiget, hinter der Kugel einen Körper vermittelst der Sonnenstrahlen anzuzünden. Uebrigens ist es, um den Zustand der Kenntnisse, oder vielmehr der Unwissenheit in diesen Zeiten zu zeigen, hinlänglich,

p) Ib. p. 471.
q) Ib. p. 474.
r) Hiſtoire, vol. I. p. 625. (So viel ich sehe, läßt sich Vitello auf keine nähere Bestimmungen des Ortes des Brennpunktes und der Vergrößerung ein. K.)
s) de refractione p. 64. 76.
t) Optica p. 444.

ſich, daß ſowohl Alhazen als Vitellio von der Vergrößerung einer unterm Waſſer geſehenen Sache dies zur Urſache angeben, daß die Oberfläche des Waſſers der Geſtalt der Erde gleichförmig, und alſo ſphäriſch iſt [u]).

Peccam. Zehen Jahre, nachdem Vitellio ſein Werk herausgegeben hatte, ſchrieb Johann Peccam, Erzbiſchoff von Canterbury, eine Abhandlung über die Optik, in ſo ferne ſie das gerade fortgehende Licht betrachtet, welches damals die Perſpectiv hieß, worinne er aber die optiſchen Kenntniſſe ſeiner Zeit nicht ſcheint vermehret zu haben. Seine Schrift iſt in Kürze mit Beurtheilungskraft abgefaſſet. Unter andern giebt er eine ſehr deutliche Erklärung der Urſache, warum der Himmel am Horizonte weiter als an andern Stellen entfernt zu ſeyn ſcheint. S. 20.

Roger Bacon. Zu gleicher Zeit mit Vitellio und Peccam lebte in England Roger Bacon, ein Mann faſt von allgemeinen Talenten, der beynahe über alle Theile der Gelehrſamkeit geſchrieben hat. In optiſchen Materien führt er den Alhazen fleißig an. Man ſieht, daß er auch die Schriften anderer Araber, die einzigen Lehrmeiſter in der Naturkunde zu dieſen Zeiten, ſorgfältig ſtudiret hat. So viel Mühe er ſich inzwiſchen um die Optik gab, ſo ſcheint er doch zu dem, was Alhazen bereits gelehret hatte, nichts von Wichtigkeit, in Abſicht auf die Theorie, hinzugefüget zu haben.

Bacon war unſtreitig ein großer Mann, aber doch lange nicht von den Irrthümern und Vorurtheilen ſeiner Vorgänger frey. Sogar einige der ausſchweifendeſten und ungereimteſten Meynungen der Alten beehrete er mit ſeinem Beyfalle, als, daß die Lichtſtrahlen vom Auge ausgiengen; wovon er zum Grunde angiebt, daß jedes Ding in der Natur ſo eingerichtet ſey, daß es ſeine angewieſenen Dienſte durch ſeine eigenen Kräfte, auf dieſelbe Art, wie die Sonne und andere Himmelskörper, thun könne [v]). Doch giebt er zu, daß ſowohl das Licht als verſchiedene andere Umſtände zum Sehen erfordert werden [w]).

In ſeiner Schrift, ſpecula mathematica, bemühet er ſich die Aufgabe des Alhazen, über die Vereinigungspunkte der Strahlen für Kugelſpiegel aufzulöſen, wozu er noch einige Beobachtungen über die Brechung des Sternenlichts, die ſcheinbare Größe der Gegenſtände, die Vergrößerung der Sonne und des Monds am Horizonte, und die Urſache, warum das Bild der Sonne durch eine eckigte Oeffnung rund erſcheint, hinzufüget. Doch in allem dieſem leiſtete Bacon wenig mehr als ſein Lehrer, und was er ſelbſt darüber ſaget, iſt nicht ſehr richtig [x]).

In ſeinem Opus maius ſuchet er zu zeigen, wie ein Kugelſtück von Glas mit der flachen Seite auf eine Schrift geleget, die Buchſtaben vergrößern müſſe. Das hatte er ſicher vom Alhazen, aus deſſen Buche ich es ſchon angeführet habe. Er will aber lieber das kleinere Kugelſtück gebrauchet haben, dagegen Alhazen das größere vorzieht, und zwar mit Grunde, wie Dr. Smith bemerket. Inzwiſchen kann man gar nicht zweifeln, daß Bacon nicht mit dem kleinen Kugelſtücke ſollte Gegenſtände vergrößert geſehen haben. Denn wie konnte jemand aus der Theorie, bey

u) Alhazen p. 276. Vitellio p. 440.
v) Opus maius by Iebb. p. 288. [(Perſpect. ed. Combach. p. 54.] K.)
w) Ibid. p. 290.
x) Saverien, hiſtoire. p. 244.

ben dem schlechten Zustande derselben in den damaligen Zeiten, soviel muthmaßen? Selbst seine hierinn begangenen Fehlschlüsse zeigen, daß er nach Beobachtungen schrieb. Außerdem giebt er Zeichnungen, worinn er den Weg des Lichts durch das Kugelstück darstellet y).

Durch die Säze des Alhazen, verbunden mit Bacons Bemerkungen und Erfahrungen (wie ich nicht umhin kann sie zu nennen) sind vielleicht ein und der andere Mönch allmählig auf die Erfindung der Brillen geleitet, dahin von Bakons kleinerm Kugelstücke, ungeachtet seines Versehens dabey, ein kleinerer Schritt als von Alhazens größerm war. Ohne Zweifel bemerkte man, daß ein sehr kleines Converglaß, in einiger Entfernung vom Buche gehalten, die Schrift mehr vergrößerte, als wenn es hart darauf lag, wie es Bacon bloß scheint gehalten zu haben. Weiter mochte man versuchen, ob nicht zwey solche kleine Kugelstücke zusammengeleget, oder ein auf beyden Seiten erhabenes Glas, mehr als das Planconverstück vergrößerte. Darauf wird man gefunden haben, daß man durch zwey Gläser besser als durch ein einziges lesen kann, und endlich daß für verschiedene Augen auch verschiedentlich erhabene Gläser dienlich sind. Erfindung der Brillen.

Das ist gewiß, daß mit dem Anfange des dreyzehnten Jahrhunderts, oder nicht lange vorher, die Brillen bekannt geworden sind. Alexander de Spina, ein Mönch aus Pisa, der 1313 gestorben ist, ein Mann, der sehr kunstreich war, alles, was er sah, oder wovon er hörte, nachzumachen, soll ein Paar Brillen bey jemanden gesehen haben, der ihm das Kunststück nicht erklären wollen, worauf er sie aber für sich selbst herausgebracht, und andern Leuten recht gerne damit gedienet hat z). Auch finde ich in einer Grabschrift des Salvinus Armatus, eines Florentinischen Adelmannes, der 1317. gestorben ist, daß er die Brillen erfunden habe. Dieses ist aber auch das einzige Zeugniß, das mir darüber vorgekommen ist a). Vitellio

y) Opus maius, p. 352. (Smith will nicht zugeben, daß Bacon mit Abschnitten einer gläsernen Kugel Versuche angestellet habe. Lehrbegriff der Opt. S. 379. Ich denke auch, daß Bacon zu seinen Behauptungen Grund genug aus Alhazen hatte. Seine Fehlschlüsse sind schwankende, verworrene Vorstellungen, wie die Sache etwa zu erklären wäre, von der Art, wie man sie in den ältern optischen Schriften durchgehends antrifft; die Zeichnung, deren Priestley erwähnet, gehöret nicht zu dieser Sache, sondern soll die Frage erklären, warum ein Licht in einer Entfernung, die nicht zu groß ist, größer als in der Nähe erscheinet. S. Baconis Perspect. ed. Comb. p. 162. Ich habe sie deswegen weggelassen, so wie auch die vom P. aus dem Bacon angeführte Stelle, welche der Leser an den angeführten Orten finden kann. K.)

z) Smith's Optiks, Remarks. p 12. (der d. A. S. 377, wo man noch mehrere historische Anmerkungen über die Brillen finder. K).

a) Musschenbroek, Introd. vol. 2. p. 786. (die Grabschrift war sonst in der Kirche Maria maggiore zu Florenz zu lesen, ist aber nun weggenommen. Sie hieß:

Qui giace Salvino degli Armati,
Inventore degli Occhiali.
Dio gli perdoni le peccata.

Volkmanns Nachrichten von Italien 1 B. S. 542. K).

Digitized by Google

Vitellio muß von Brillengläſern noch nichts gewußt haben, weil er, wie oben angeführet iſt, eine Halbkugel oder ein kleiner Kugelſtück ſich wünſchet.

Es ſollte mir ein großes Vergnügen geweſen ſeyn, wenn ich einer ſo nützlichen Erfindung, wie ſie in ihrem Wachsthume von einer Stufe zur andern wirklich geſtiegen iſt, hätte nachſpüren können. Ohne ſie müſſen ſonſt Leute, die Geſchmack am Leſen fanden, die traurige Ausſicht in ein langweiliges freudenloſes Alter gehabt haben, und des Vergnügens mit Abweſenden und Todten ſich zu unterhalten zu eben der Zeit beraubet worden ſeyn, da ſie nicht mehr im Staude waren, ihre Rolle unter den Lebenden zu ſpielen. In Vergleichung mit den Brillen müſſen ſelbſt Teleſkope und Mikroſkope unter die überflüßigen Dinge gerechnet werden. Jene gehören jetzt wirklich zu den Nothwendigkeiten des Lebens, nachdem Schreiben und Leſen allgemein geworden iſt.

Daß Hohlgläſer für Kurzſichtige dienen, ward vermuthlich bald darauf, nachdem man die Convergläſer für Weitſichtige erfunden hatte, entdecket, ob man gleich keine Nachrichten von dieſer Erweiterung der Erfindung antrifft. Wenigſtens erklärt Maurolycus, der in der nächſtfolgenden Periode dieſer Geſchichte zuerſt auftreten wird, beyde Arten von Gläſern nach ihrem verſchiedenen Gebrauche. Die Erfindung der Hohlgläſer iſt vermuthlich eine Frucht des Zufalles. Ein Kurzſichtiger, der etwa fand, daß Convergläſer ihm mehr Schaden als Gutes thaten, verſuchte vielleicht aus Neugier, was eine entgegengeſetzte Geſtalt der Gläſer leiſten möchte.

Ob Bacon etwas von Fernröhren gewußt.

Bacon äußert in ſeinem Opus maius einen glücklichen Gedanken, wie man die Strahlenbrechung ſich zu Nutze machen könnte. Durch ähnliche Mittel, als wodurch man kleine und nahe Sachen vergrößert, meynte er, daß ſich entfernte Gegenſtände näher herbey, oder noch weiter wegrücken ließen; ja daß man ſie, ſelbſt ins Unendliche, vergrößern oder verkleinern, und Sonne und Mond dem Scheine nach auf die Erde herunter bringen könnte. Er glaubte zuverſichtlich, daß Hohlſpiegel zur Betrachtung noch ſo entfernter Gegenſtände dienlich ſeyn müßten [b]).

In dieſen Behauptungen ſieht man deutlich einige Näherung zur Erfindung der Fernröhre und Vergrößerungsgläſer. Bedenket man, wie unwahrſcheinlich es iſt, daß in einem ſo frühen Zeitalter jemand durch Schlüſſe auf die Theorie dieſer Inſtrumente habe kommen können, da ſelbſt nach ihrer Erfindung es lange gewährt hat, ehe man ihre Wirkungen einigermaßen erklären konnte, ſo kann man faſt nicht umhin, zuzugeben, daß dieſer Mönch wirklich Gläſer zuſammen geſetzet, und Wirkungen, ohngefähr von der Art, wie er ſie beſchreibt, hervorgebracht haben muß, wenn er auch gleich nicht auf die eigentliche Zuſammenſetzung dieſer bewundernswürdigen Werkzeuge gekommen iſt. Inzwiſchen iſt doch Dr. Smith, der dieſe Materie gewiß gut durchgedacht hat, und darinne für einen guten Richter gelten muß, der Meynung, daß Bacon bloß nach Vorausſetzungen geſchrieben, und ſeine Entwürfe

b) Saverien, hiſtoire pag. 244. (Rog. in Käſtners Lehrbegriff der Optik. Seite Baconis Perſpect. pag. 166. 167. und 388. A).

würfe nie durch Verſuche geprüft habe. Sein Grund iſt, daß Bacon verſchiedenes angiebt, welches durch Gläſer zu leiſten möglich ſeyn ſoll, aber gerade zu unmöglich iſt. Allein es iſt nichts ungewöhnliches, daß ein Mann, der etwas von einer Entdeckung erwiſchet hat, ſich gar zu übertriebene Erwartungen davon in den Kopf ſetzet. Doch iſt der vom Smith angeführte Umſtand wichtig, daß Bacon gar nichts von irgend einem nähern Verſuche über den Gebrauch ſeiner Werkzeuge erwähnet [c]).

Smith bemerket noch dies, daß Leute, die nicht gewohnt ſind, durch Fernröhre zu ſehen, ſich in ihrer Erwartung von der Vergrößerung ſehr irren; daß ſie glauben, durch ein Fernrohr, das hundertmal vergrößerte, müſſe ein Gegenſtand, als das Geſicht eines Mannes, ſogar größer erſcheinen, als es ausſieht, wenn ſie es dichte vor Augen haben. Ganz gewiß, ſaget er, ſey dies auch Bacons Vorſtellung geweſen, der alſo nie durch ein Fernrohr geſehen habe [d]).

c) Smith's Opticks, Remarks, p. 22. (der d. A. S. 388. ff. Bacon hat gewiß aus der Einbildungskraft geſchrieben. Er ſagt nie, ich habe es ſo vergrößert geſehen, ſondern, es kann ſo vergrößert werden. Ein Knabe kann wie ein Rieſe, ein Menſch wie ein Berg erſcheinen. *Poſſumus* ſic figurare perſpicua, et taliter ea ordinare reſpectu noſtri viſus et rerum, quod frangentur radii et flectentur, quorſumcunque voluerimus, ut ſub quocumque angulo voluerimus, videbimus rem prope vel longe. Und gleich vorher von der Vervielfältigung durch Spiegel, *poſſunt* ſpecula ſic fieri, et taliter poni et ordinari, quod una res apparebit quotquot volumus. Et ideo unus homo videbitur plures, et unus exercitus plures — et ſic pro utilitatibus reipublicae et contra infideles poſſent huiusmodi apericationes fieri utiliter et terribiliter, et ſi quis noverit aerem denſare, ut reflexio fieret ab eo, poſſet multas huiusmodi apericationes inſolitas procurare. Sic vero creditur, quod daemones oſtendunt caſtra et exercitus etc.

Damit man ſich nicht wundere, wie Bacon durch ſeine Einbildungskraft auf Projecte verfallen iſt, die etwas ähnliches mit wirklichen ſpätern Erfindungen haben, ſo will ich den Titel eines ſelten gewordenen Buches herſetzen, das ganz mit mathematiſch-phyſikaliſchen Projecten angefüllet iſt. Es heißt: Theſaurus rerum ſelectarum, magnarum, dignarum, utilium, ſuavium, pro generis humani ſalute oblatus, Authore *Magno Pegelio*, Germano Megapolitano Roſtochienſi. Vana vel impoſſibilia ne pronuntientur, media haud perſpecta. Tu meliora. Fronte capillata eſt, poſt haec occaſio calva. Typis haec expreſſa anno 1604. 4to. Der Verfaſſer war der erſte Profeſſor der Mathematik zu Helmſtädt, wo er aber nur vier Jahre blieb. In dieſem Buche redet er unter andern Kunſtſtücken, die man, der Warnung auf dem Titel ungeachtet, mehrentheils für unmöglich halten muß, S. 123. von Erhebung des Waſſers durch Feuer. Deswegen möchte ich ihn doch nicht für den wahren Erfinder der weit ſpäter erfundenen Feuermaſchine halten. Eben ſo wie Bacon redet er von manchen zu abentheuerlichen Erfindungen, als von einem ganz beſondern, unbeweglichen aſtronomiſchen Inſtrumente, von etwa 230. Fuß im Durchſchnitte, worinne der Beobachter ſoll herum ſpatzieren können, von geographiſchem Karten, worauf man fahren, reiten und ſchiffen kann. K.)

d) Smith, l. c. p. 41. (Der d. A. S. 408.)

Zusätze des Uebersetzers.

I.

Ueber die Optik der Alten.

Vielleicht thue ich Lesern, die zu bequem zum Nachschlagen sind, einen Gefallen, wenn ich ihnen einige Stellen aus den Alten selbst hersetze, woraus sie sich mit desto mehrerer Gewißheit einen Begriff von der optischen Wissenschaft derselben machen mögen. Es ist nicht allein zur Geschichte der Wissenschaft, sondern des menschlichen Verstandes überhaupt nöthig, auch die falschen und unvollkommenen Vorstellungen derjenigen kennen zu lernen, die den ersten Grund zu einer Wissenschaft geleget haben, besonders, wenn diese sonst sehr fähige und scharfsinnige Köpfe gewesen sind: wie die Griechen, die zur Bearbeitung der Wissenschaften fast eine angebohrne Fähigkeit scheinen gehabt zu haben.

Plutarch erzählet in der Schrift von den Meynungen der Philosophen, 4 B. 13 C. von den Gedanken derselben über das Sehen, folgendes: Demokritus und Epikurus glauben, daß das Sehen durch Bilder geschehe, die von den Gegenständen ins Auge kommen; andere, daß die Strahlen vom Auge nach dem Gegenstande zu, und von da zurück nach dem Auge gehen. Empedokles vermischt die Gesichtsstrahlen mit den Bildern, und nennt das, was daraus entsteht, die Strahlen des zusammengesetzten Bildes. Hipparchus saget, die Gesichtsstrahlen gehen von beyden Seiten aus, und berühren die Gegenstände, wie man sie mit den Händen befühlet, und erwecken dadurch die Empfindung derselben. Plato stellet sich vor, daß eine Zusammenstrahlung sowohl des Lichtes aus den Augen, bis auf eine gewisse Entfernung in die gleichartige Luft, als auch des von den Körpern herkommenden Lichtes vorgehe, wobey die dazwischen befindliche Luft leicht durchdrungen werde, weil das Licht durch seine feurige Natur sie ausdehne. Dieses heißt die Platonische Synaugie.

Eben daselbst im 14 C. erzählet er die Erklärungen über die Bilder, welche durch Spiegel gemachet werden, die aber so sonderbar sind, daß man sie kaum anführen darf. Empedokles sagte, daß auf der Oberfläche des Spiegels die Abflüsse (von den Körpern vielleicht) hängen bleiben, daß aber etwas feuriges aus dem Spiegel sich absondere, welches sie durch die Luft fortführe. Des Demokritus und Epicurus Meynungen kommen ebenfalls darauf hinaus.

Von den Farben führet er einige sehr unverständliche Begriffe der alten Philosophen eben das. 1 B. 15 C. an. Die Pythagoräer nannten Farbe die Oberfläche des Körpers; Empedokles, was mit den Ausflüssen des Gesichtes (πόροι τῆς ὄψεως) übereinstimmt; Plato, eine Flamme von den Körpern, deren Theile mit dem Gesichte (vielleicht den Ausflüssen vom Auge) symmetrisch sind. Was er

in

in dem dritten Buche C. 5. von den Erklärungen des Regenbogens hat, ist gar nicht der Mühe werth, angeführt zu werden. Von den Stoikern erzählt Laertius, 7 B. daß sie behauptet hätten, das Sehen geschähe vermittelst des Lichts, das zwischen dem Auge und dem Gegenstande sich kegelförmig ausbreite; die Spitze des Kegels sey am Auge, die Grundfläche am Gegenstande, wodurch man wie durch einen Stab den Gegenstand fühle. Den Regenbogen erklärten sie durch einen Widerschein der Sonne in einer thauenden, hohlen Wolke.

Die Meynungen des Epicurs findet man bey diesem Schriftsteller im 10 B. Dieser erkläret alle Erscheinungen des Sehens durch unendlich feine Bilder der Gegenstände, die von ihnen immerfort ins Auge fließen. Cicero machet sich deswegen nach seiner Gewohnheit über den Epikurus lustig. (Briefe, XV, 16.) Mit poetischem Schmucke hat Lucretius in dem zweyten und vierten Buche seines physikalischen Lehrgedichtes dieses System vorgetragen. Einen ziemlich newtonianischen Gedanken finde ich vom Epikur beym Plutarch in seiner Schrift wider den Colotes aufbehalten; nämlich die Farben seyn nichts eigenthümliches der Körper, sondern entstehen aus gewissen Lagen ihrer Theilchen gegen das Auge. Lucretius führet sehr artig zur Erläuterung die Farben an den Hälsen der Tauben und in dem Schwanze des Pfauen an. Freylich folgte dies aus seiner Lehre von den Atomen, die er nicht gefärbt wissen wollte.

Die Lehren des göttlichen Plato über das Sehen findet man ziemlich umständlich in seinem Timäus, an dem Orte, wo er uns unterrichtet, daß unser Kopf rund ist, weil die Welt rund ist, und daß wir ohne Zweifel ganz Kugel seyn würden, wenn uns nicht Rumpf und Beine wegen der unebenen Oberfläche der Erde nöthig wären, auf welcher unser Kopf, ohne Schaden zu nehmen, nicht fortrollen könnte. Es ist ohngefähr das, was nach dem Plutarch schon angeführet ist. Das Licht, welches aus unsern Augen kömmt, machet er mit dem Sonnenlichte verwandt, nur daß es nicht brennt. Etwas weiter hin trägt er seine Theorie von den Farben, ihrem Unterschiede, und ihren Mischungen vor, womit ich aber den Leser verschonen will.

Unter den Alten hat niemand mehr, noch wie es scheint, besser über das Licht und das Sehen geschrieben, als Aristoteles, den man sonst zu viel, itzt zu wenig liest. Er hat freylich viel irriges und unvollkommenes, und ist dabey, wenigstens für einen, der nicht mit seiner philosophischen Sprache bekannt ist, gewaltig dunkel. Weil es noch wohl der Mühe werth ist, den Fürsten der Philosophen über eine so wichtige Sache, wie die Theorie des Lichtes ist, zu hören, und Hr. Priestley seine Gedanken nur nicht recht vorgetragen zu haben scheint, so will ich hier etwas aus dem Buche über die Seele, 2 B. 7 C. ausziehen, das mir seine Meynung noch am deutlichsten darzustellen scheint. Er saget, das Licht ist etwas durchsichtiges, aber nicht so für sich, sondern durch die Farbe eines andern Dinges. Farbe ist das, was das durchsichtige in Bewegung setzt. Die Farbe beweget etwas, das durchsichtig ist, wie die Luft, und dieses, als etwas zusammenhängendes, beweget den fühlenden Sinn. Das Auge kann nicht von der Farbe unmittelbar

bar gerühret werden. Es muß ein Mittel da seyn. Wäre ein leerer Raum dazwischen, so würde das Auge gar nichts sehen. So verhält es sich auch mit den andern Sinnen. Beym Schalle ist das Mittel die Luft. Das Licht ist kein Feuer, kein Körper, auch kein Ausfluß eines Körpers, sondern die Gegenwart des Feuers, oder eines dergleichen Dinges in dem Durchsichtigen. Denn zwey Körper können nicht in einem Orte seyn. So weit Aristoteles, mit seinen eigenen Worten, so gut ich sie verstanden, nur mit etwas veränderter Stellung der Gedanken.

Aristoteles ist so viel commentirt worden, daß die Welt es müde seyn muß, ihn noch mehr commentirt zu sehen. Und doch kann ich mich bey dieser Stelle nicht erwehren, ihm eine Meynung, die vielleicht mehr die meinige als seine ist, wegen der angeführten Stelle beyzulegen — das Licht als geradelinichte Ausflüsse von dem leuchtenden Körper, oder als Undulationen eines elastischen Mittels sich vorzustellen, hat beydes seine Schwierigkeit. Das Licht soll lieber ein unkörperliches Mittel seyn, das von dem leuchtenden Körper in Bewegung gesetzt wird. Aber liegt hierinne nicht etwas widersprechendes? Ich brauche die Wörter, Mittel, Bewegung, nur als metaphorische Ausdrücke, wie Aristoteles vermuthlich sein Durchsichtiges, weil wir für unkörperliche physikalische Gegenstände und Wirkungen keine besondere Wörter haben. Es ist doch möglich, wo nicht sehr wahrscheinlich, daß alle ausgedehnte Dinge, in so ferne sie ausgedehnet sind, nur Erscheinungen seyn mögen, die von unkörperlichen nicht ausgedehnten Dingen herrühren. Also könnte auch wohl zwischen uns und einem leuchtenden Gegenstande unkörperliche Dinge seyn, welche verursachen, daß er uns sichtbar wird, ohne daß wir uns sie als ausgedehnet vorstellen müßten. Diese sind vielleicht das, was wir **Licht** nennen. Die verschiedenen Arten der Wirkungen der Körper auf diese Dinge, und vermittelst derselben auf unsere Gesichtsnerven unterscheiden wir durch die Benennungen der **Farben**. Ein Körper ist **schwarz**, wenn er keine Wirkung auf sie äußert. Ein **Lichtstrahl** ist nur ein bildlicher Ausdruck, um unserer nur an ausgedehnte Dinge gewöhnten Vorstellungskraft zu Hülfe zu kommen. Es kömmt uns vor, als wenn von jedem Punkte der Oberfläche eines leuchtenden Gegenstandes nach unsern Augen mathematische Linien zuliefen, und den Gegenstand sichtbar machten. Zur mathematischen Betrachtung des Lichts ist dieses sehr brauchbar und führet auf richtige Schlüsse. Alle unsere bisherigen Theorien vom Lichte mögen wohl nichts anders als bildliche Vorstellungen seyn. Die wahre Natur des Lichtes ist für uns in eine Finsterniß eingehüllet, welche sich nicht aufhellen wird, so lange wir diesen Körper haben.

Vielleicht hat Aristoteles so vom Lichte gedacht, wie ich mich hier erkläret habe. Ist es nicht, so ist nichts daran gelegen, so wie es auch gleichgültig ist, ob wir des Aristoteles Theorie verstehen oder nicht. Bey der Untersuchung über den Regenbogen spricht er, als wenn die Sehestrahlen vom Auge nach der Sonne zu gebrochen werden, welches mit dem obigen nicht übereinstimmet. Er hat sich sonst noch an vielen Orten über Licht, Farben und das Sehen erkläret; als in dem Buche, de sensu et sensibili c. 2. 3. wo er gegen den Empedokles und Plato behauptet, daß das Auge wässerichter Natur sey. Empedokles hatte das Auge mit einer Laterne

terne verglichen, von dem Plato seine Vorstellungen genommen haben mag. Ferner in einem eigenen Buche über die Farben und ihre Mischungen, und in der Sammlung von Aufgaben.

Hero von Alexandrien, der wegen seiner Einsichten in das Maschinenwesen berühmt ist, hat eine Katoptrik geschrieben, woraus Heliodorus von Larissa in seiner Optik am Ende eine merkwürdige Stelle aufbehalten hat, nämlich, daß die Linien, welche von einem Punkte nach einem andern hin unter gleichen Winkeln von einer Oberfläche zurückgeworfen werden, kleiner sind als alle andere, welche unter ungleichen Winkeln zwischen diesen Punkten an die zurückwerfende Ebene gezogen werden. Hieraus erhelle, daß, wenn die Natur den Gesichtsstrahlen keinen Umweg machen lassen wolle, sie sie unter gleichen Winkeln ein- und zurückfallen lassen müsse. Die Sonnenstrahlen müßten also ein gleiches thun. In den neuern Zeiten ist dieser Gedanke schon erweitert worden. Man sehe Hrn. Kästners diss. de minimo in reflexione a curvis, in seinen dissertt. mathem. et phys. Altenb. 1771. Die aus dem Hero angeführte Stelle ist das beste in Heliodors Büchlein, das ohne Schaden hätte verlohren gehen können.

Die beyden optischen Schriften, welche Euklidis Namen führen, werden von Savile und David Gregori als unächt, und des angegebenen Verf. nicht würdig verworfen. Ich dächte auch, der scharfsinnige Verfasser der Elemente hätte in dem mathematischen der Optik und Katoptrik besser bestimmte und mehr ausgeführte Sätze geliefert. Seine physikalischen Hypothesen möchte man dem Verfasser immer vergeben. So aber hat er lauter halbe Sätze, wenn ich so reden darf, geliefert. Hr. Lambert bemerket zwar, daß die schlechten Beweise in den beyden gedachten Schriften noch keinen Grund abgeben, sie dem Euklides abzusprechen, weil dieser noch lange nicht der einige ist, der in der Geometrie sehr scharf, richtig und ordentlich, in physischen Dingen hingegen sehr mittelmäßige Schlüsse machet (freye Perspectiv, 2ter Th. S. 12.)

Kepler ist mit Euklidens Katoptrik wohl zufrieden, (Epist. ad Kepl. ed. Hansch. p. 229). Die Frage mag also unausgemacht bleiben, zumal da für die Aechtheit der gedachten Schriften einige, obwohl etwas späte Zeugnisse aus dem Alterthume, nämlich vom Proklus und Heliodorus, vorhanden sind. Ein Beyspiel eines halben Satzes, wie ich es nenne, ist gleich der Satz, den Hr. Lambert aus der Perspectiv (10. S.) anführet. Euklides saget, die entferntern Theile einer Ebene, über welcher das Auge erhoben ist, erscheinen höher. Richtig, wenn man sich eine senkrechte Ebene vor dem Auge gedenket, auf welche man die Theile der Horizontalen referiret, oder wenn man sich eine Horizontale durchs Auge leget, und die Entfernungen jener in verschiedenen Orten von dieser vergleicht. Aber diese Bestimmungen hat Euklides weggelassen. In der Katoptrik saget er z. E. bloß, das Bild in einem erhabenen Spiegel ist kleiner, und näher beym Spiegel, als die Sache. Es wäre ja wohl dem Euklides nicht zu schwer gefallen, hierüber etwas bestimmters zu sagen. Am Ende der Katoptrik saget er bloß, die Strahlen, welche von einem Punkte der Sonne in gleicher Entfernung von der Axe auf einen Hohlspiegel

spiegel fallen, werden in einen Punkt der Axe irgendwo zwischen dem Mittelpunkte und dem Spiegel hingeworfen. Wenn er nur eine Zeichnung sich gemachet hätte, so würde er gesehen haben, daß es einen Punkt auf der Axe, in der Mitte zwischen dem Spiegel und seinem Mittelpunkt giebt, wo die Strahlen nahe zusammenkommen. Dafür nimmt er den Mittelpunkt des Spiegels für dessen Brennpunkt an, weil von jedem Punkte der Sonne ein Strahl dadurch gezogen, in sich selbst durch diesen Mittelpunkt zurückgeworfen wird. Es war aber doch sehr auffallend, daß es in dem Mittelpunkte des Spiegels höchstens noch einmal so warm seyn kann, als es ohne Spiegel daselbst ist. Unsere leichtesten katoptrischen Sätze müssen nicht leicht zu erfinden gewesen seyn.

Von den Römern ist in der Geschichte der Optik nichts zu sagen. Sie waren in der Physik so wie in der Philosophie überhaupt, bloße Nachbeter der Griechen. Ein paar Worte inzwischen noch vom Seneca. Dieser brauchet zur Erläuterung der Farben des Regenbogens die Farben, welche ein prismatisches Glas giebt. Ist es nicht merkwürdig, daß man diesen schönen Einfall, den Seneca zwar ganz verhunzet hat, in einer Zeit von mehr als 1600 Jahren nicht genutzet hat? Er bemerket auch, daß in dem Regenbogen eigentlich eine unendliche Menge von Farben ist, deren Uebergänge aber unmerklich sind, woferne anders diese gute Bemerkung von ihm ist. Denn er führet dabey diese Verse an:

Sed nunc diversi niteant cum mille colores,
Transitus ipse tamen spectantia lumina fallit;
Vsque adeo quod tangit idem est, tamen ultima distant.

Es sollte mich die Zeit gereuen, die ich auf das Nachschlagen der angeführten Meynungen gewandt habe, wenn ich nicht daraus noch die praktische Bemerkung ziehen könnte, daß es leichter ist, zehen Theorien über die Natur der Dinge zu erfinden, als einen Versuch zu machen, der uns eine neue Seite von der Verbindung der natürlichen Dinge zeiget. Die Griechen wurden von ihrer lebhaften Einbildungskraft fortgerissen, und wollten, statt den langsamen demüthigen Weg der Erfahrung zu gehen, lieber die Welt nach ihren Einfällen erbauen. Darüber verdarben sie sich die Zeit mit Widerlegung ihrer Einfälle durch andere, die nichts besser waren. Zuweilen machten sie sich auch kein Bedenken, ihre Vorgänger zu plündern, wie Epikur es mit dem Demokritus, Plato mit dem Empedokles gemachet hat. Wie viel weiter könnten wir nicht seyn, wenn sie statt Systeme uns Beobachtungen hinterlassen hätten? Diejenigen, die auch in unsern Zeiten so geneigt zu Hypothesen sind, worunter sie die ganze Natur zwingen wollen, mögen sich an den Griechen spiegeln.

II.

Einige literarische Notizen zur ersten Periode.

Hr Priestley ist mit den literarischen Nachrichten etwas sparsam. Ich werde diesem Mangel, zum Besten derer, welche die Optik studiren wollen, so gut, wie es mir möglich ist, abzuhelfen suchen. Es

Es kann zwar überhaupt gleichgültig seyn, die verlohrnen Schriften der Alten zu kennen, weil man doch nichts mehr daraus lernen kann. Indessen ist es zur Vollständigkeit der Geschichte nicht unrecht, auch diese zu wissen.

Einer der ältesten optischen Schriftsteller, ist **Demokritus von Abdera**, etwa 450 J. vor C. G. der dem Laertius zufolge über die Optik (ἀκτινογραφίη) als auch über die eigentliche Perspectiv (ἐκπεταςματα) geschrieben hat, wovon in der Folge bey der Geschichte der letztern Wissenschaft ein mehrers vorkommen wird — **Eudoxus von Cnidus**, ein Zeitgenosse des Plato, hat wie Hipparchus erzählet, über die Katoptrik etwas geschrieben — **Vom Aristoteles** erwähnet Laertius einer optischen Schrift, worinn er nach anderer Zeugniß statt eines Strahlenkegels zwischen der Sache und dem Auge eine sechseckigte Pyramide angenommen hat — des **Euklides** optische Schriften sind zuerst vom **Bartholomäus Zambertus**, einem Venetianer, ins lateinische übersetzet, zu Basel 1537, 1546, und in der Ausgabe der sämmtlichen Werke des Euklides, Basel. 1558 fol. herausgekommen; die Uebersetzung ist sehr unleserlich. Hernach hat sie **Johannes Pena** griechisch und lat. Paris 1557. 4to herausgegeben. Die schöne Ausgabe der sämmtlichen Euklideischen Werke vom **Gregori** ist bekannt — Unter den ungedruckten Schriften des **Archimedes** ist noch eine Schrift über die Brechung des Kreises, und eine Optik, beyde arabisch vorhanden, worüber Fabricius nachgesehen werden mag. Von eben demselben ist auch noch eine, aber nicht für ächt gehaltene Schrift, über die Brennspiegel aus dem arabischen herausgekommen — **Vom Hero von Alexandrien**, der etwa 150 J. vor C. G. lebte, ist noch eine Dioptrik in der Wiener Bibliothek vorhanden. Seine Katoptrik ist schon vorher aus dem Heliodor angeführet — **Vom Ptolemäus** kann man außer seiner schon angeführten Optik, auch noch sein Planisphaerium, die Entwerfung der Oberfläche einer Kugel auf einer Ebene, als ein Stück der Perspectiv, hieher ziehen — **Plotinus**, ein Philosoph des dritten Jahrhunderts, hat über die Frage, warum entfernte Sachen klein erscheinen, einen Aufsatz hinterlassen, der vermuthlich nichts wichtiges enthält — **Des Heliodors** Werkchen, κεφάλεια τῶν ὀπτικῶν, ist zuerst zu Florenz 1573. 4. und nach dieser Ausgabe, Hamburg 1610. 4. von Fr. Lindenbrog herausgegeben. Es ist nur 12 halbe Quartseiten stark, ein unbedeutendes Ding. — **Anthemius** aus dem sechsten Jahrhunderte, hat mechanische Paradoxa geschrieben, worinne er auch von Brennspiegeln handelt. Das Buch ist nur im Manuscr. vorhanden. (S. von diesen Schriften G. I. Vossius de vniuersae matheseos natura et constitutione. Amstel. 1660. 4. Heilbronneri historia matheseos vniuersae Lipsi. 1742. 4.)

Bis hieher sieht es noch sehr leer und unfruchtbar in dem optischen Fache aus. Es muß aber doch mehr darinne gearbeitet worden seyn, als uns bekannt geworden ist, da im 10ten oder 11ten Jahrhunderte ein starkes Werk von dem Araber Alhazen erscheint. **Friedrich Risner** hat es mit des **Vitellio**, oder wie R. ihn nennt, Vitello, Optik, unter dem Titel: Opticae thesaurus, Basel, 1572 Fol. heraus gegeben, und des Alhazen Schrift, de crepusculis, beygefüget. Die Optik

des Alhazen ist 282 S. stark, in 7 Büchern, worinne er die Materien ordentlich genug vertheilet hat. Des Vitello Werk ist in 10 Bücher abgetheilet, und 474 S. stark. Dieser Schriftsteller nennt sich in der Zuschrift an einen gewissen Mönch, filius Thuringorum et Polonorum, vermuthlich weil sein Vater aus einem Lande, und die Mutter aus dem andern gebürtig gewesen. Risner macht es in der Vorrede wahrscheinlich, daß er um das Jahr 1270. gelebet habe. Ob aber sein Buch in diesem Jahre bekannt gemacht worden sey, läßt sich nicht mit Herrn Priestley gewiß sagen. Risner leget ihm das Lob bey, daß wenn er gleich aus dem Alhazen das meiste genommen, er doch auch die ältern Schriftsteller genützt, und einen sehr ordentlichen, mit Beurtheilungskraft gewählten Vortrag habe. Die Leute sind inzwischen noch zu bedauern, die aus Alhazen und Vitellio die Optik haben lernen müssen. Maurolycus nennt des Vitellio Werk, tam ingens, quam fastidiosum ac prodigiosum volumen (de lumine et vmbra, fin.)

Roger Bacon war ein Franciscaner Mönch, der wegen seiner für die damaligen Zeiten zu großen Gelehrsamkeit der Zauberey beschuldiget, und ins Gefängniß geworfen ward, worinne er lange blieb, bis er durch Vorsprache loß kam, einige sagen, sogar bis an seinen Tod. Es war in Frankreich, wo er gefangen gesetzt ward. Denn so viel man weis, hat er sich in seinem Kloster zu Paris immer aufgehalten, und ist nach ausgestandenem Gefängnisse in sein Vaterland zurückgegangen, wo er 1292. im 78sten Jahre seines Alters zu Oxford gestorben ist. Die Ausgabe des Opus maius führt den Titel: Fratris *Rogeri Bacon*, Ordinis Minorum, Opus maius, ad Clementem Quartum, Pontificem Romanum. Ex MS. codice Dublinensi cum aliis quibusdam collato, nunc primum edidit *S. Iebb*, M. D, Lond. 1733. Fol. Er hatte es zu seiner Vertheidigung aufgesetzt, und giebt darinne fast von allen seinen Entdeckungen Nachricht. Das Werk enthält verschiedene Abhandlungen. Die Perspectiv steht im fünften Theile. Der Name, Opus maius, bezieht sich auf ein anderes Werk, opus minus und opus tertium, von ihm, die er auch an Clemens IV. geschickt hatte, welche aber nur im MS. vorhanden sind. Umständliche Nachricht giebt vom Bacon das Dictionaire de Chaufepié, woraus vorstehendes genommen ist. Die Perspectiv hat Joh. Combach, Professor der Philosophie zu Marpurg, mit dem tractatu de speculis, herausgegeben, Frankfurt 1614. 189 Quartseiten. Sie scheint ein Auszug der damaligen optischen Kenntnisse zu seyn. Auch diese Schrift ist sehr übel zu lesen.

Des Jordanus Nemorarius (um 1235.) Schrift de natura speculorum, des Johann Petsan, oder Leonardus Pisanus Optik, wird jetzt wohl niemand lesen wollen. Wenn man sonst aus diesen Zeiten ja etwas lesen wollte, so könnte ich des Vincentii Bellouacensis speculum naturale, worinne er die Physik nach den 6. Tagewerken der Schöpfung abhandelt, oder des Bartholomäus, eines Franciscaners aus England, Werk, de proprietatibus rerum, vorschlagen, wiewohl ich zweifle, daß man mir dafür Dank wissen werde.

Zweyte

Zweyte Periode.

Von der Wiederherstellung der Wissenschaften bis zu den Entdeckungen des Snellius und Descartes.

Erster Abschnitt.

Optische Entdeckungen, welche noch nicht die Teleskope und Mikroskope angehen, aus den Zeiten vor Keplern.

Von dem Ursprunge der Naturkunde unter den Griechen, bis zu der Periode, welche ich jetzt anfange, verflossen nicht weniger als zweytausend Jahre. In diesem langen Zeitraume fehlte es nie an Männern, welche sich der Untersuchung der Natur widmeten, wenn gleich einige Zeitalter vor andern daran fruchtbar waren; auch stand die Naturkunde jederzeit bey den Gelehrten im besondern Ansehen. Und doch wie wenig von optischen Kenntnissen habe ich unter so vielerley Völkern, aller Mühe ungeachtet, zusammenbringen können? Einige wichtige Beobachtungen, die Grundlehren der Optik, sind den Alten freylich nicht unbekannt geblieben, konnten es auch nicht recht wohl; aber kaum ist uns eine einzige richtige Erklärung der Ursache irgend einer Erscheinung vorgekommen, und von der wahren physikalischen Kenntniß des Lichtes oder des Sehens haben wir gar keine Spuren bemerket. Brillen wurden gegen das Ende der vorigen Periode erfunden. Naturkündiger brauchten sie so gut wie andere Leute. Dem ohngeachtet währete es einige Jahrhunderte, ehe man eine befriedigende Erklärung von ihrer Natur und Wirkung geben konnte.

Zweytausend Jahre müssen denjenigen, welche die Welt schon jetzt ihr männliches Alter in Absicht auf die Wissenschaften erreichen lassen, als eine ausserordentlich lange Kindheit vorkommen. Aber wer da bedenket, daß der Fortgang unserer physikalischen Kenntnisse unbeschränkt ist, (denn die Werke Gottes sind, wie ihr Schöpfer, unendlich); daß jede Entdeckung den Weg zu mehrerern bahnet; daß man also hoffen darf, unsere Einsichten werden nicht bloß gleichförmig, sondern sogar beschleuniget zunehmen, wer dabey die erstaunlichen Erweiterungen nicht allein unserer physikalischen sondern überhaupt aller Sachkenntnisse, seit etwas über zweyhundert Jahren nach der Endschaft der langen Barbarey betrachtet: der sieht die schönsten Aussichten erst vor sich liegen. Jeder Tag verspricht ihm neue Aufklä-

rungen, neue Entdeckungen. Die Bereicherungen, welche die Naturkunde in den neuesten Zeiten erhalten, der zunehmende Eifer für sie, und die größere Menge ihrer Liebhaber in Europa und Amerika, sind ihm Bürge, daß er sich in seinen Erwartungen nicht betrügen wird, wenn ihm nur die Hülfsmittel, sich zu unterrichten, nicht fehlen.

Maurolycus. Einer der ersten, der nach der Wiederherstellung der Wissenschaften in Europa, sich als Mathematiker und Naturkündiger hervorthat, war **Maurolycus**, Lehrer der Mathematik zu Messina, dem wir einige wichtige Verbesserungen in der Optik zu danken haben. Dieser zeiget in seiner 1575. herausgekommenen Schrift, de lumine et vmbra, daß die krystallene Feuchtigkeit im Auge ein Linsenglas ist, welches die Strahlen von den äußern Gegenständen auf der Netzhaut zusammenbringt, so daß jeder Strahlenkegel darauf seinen Vereinigungspunkt hat. Hierdurch entdeckte er die Ursache, warum einige Menschen kurzsichtig, andere weitsichtig sind. In dem erstern Falle zeiget er, daß die Strahlen jedes Lichtkegels sich zu frühe, ehe sie die Netzhaut erreichen, vereinigen, so wie in dem andern Falle zu späte, so daß der Vereinigungspunkt jenseits der Netzhaut lieget, daher beydemal das Sehen undeutlich ist. Aus eben diesen Grundsätzen erklärte er, wie Kurzsichtige ihrem Gesichtsfehler durch Hohlgläser, Weitsichtige durch erhabene Gläser abhelfen [a]). Ein Hohlglas macht die Strahlen mehr aus einander fahrend, ehe sie ins Auge kommen, weswegen sie sich nicht sobald wie sonst vereinigen können, nachdem sie durch die krystallene Feuchtigkeit gegangen sind; mit dem Convexglase verhält es sich umgekehrt.

Es ist wunderbar, daß einer, der den eigentlichen Zweck der krystallenen Feuchtigkeit entdeckte, daß sie nämlich, wie ein Linsenglas, die Lichtstrahlen in einen Punkt zusammenbringen muß, nicht noch den einen Schritt weiter gegangen ist, zu bemerken, daß die Strahlenkegel von jedem Punkte des Gegenstandes auf der Nezhaut ein würkliches Bild davon malen müssen. Er scheint aber doch nichts von diesem zur Theorie des Sehens wichtigem Umstande gewußt zu haben [b]). Montücla muthmaßet, daß die Schwierigkeit, wie man ungeachtet der umgekehrten Lage des Bildes die Sache aufrecht sehen könne, ihn abgehalten habe, darauf zu

a) Montucla histoire, Vol. I. pag. 626. (Priestley hat des Maurolycus Buch selbst nicht in Händen gehabt, wie er in der Folge in einer Anmerkung gesteht, wo er wünschet, daß er es mit Keplers Schriften hätte vergleichen können. Er behilft sich also mit des Montücla Nachrichten von dem Buche. Dieser Geschichtschreiber der Mathematik hat aber den Maurolycus nur mit halben Augen gelesen. Was hier dem Maurolycus von der Natur des Sehens zugeschrieben wird, gehört ihm gar nicht zu. In den Zusätzen zu dieser Periode werde ich von dem Sicilianischen Schriftsteller eine genauere Nachricht geben. Ich würde mir die Freyheit genommen haben, den Text meines Originals zu ändern, wenn ich nicht die Unrichtigkeiten zu einem Beyspiele hätte stehen lassen wollen, wie übel man daran ist, wenn man mit fremden Augen zu sehen genöthiget wird. K.)

b) Er konnte es nicht; seine falsche Theorie hinderte ihn daran. K.

zu kommen. Selbſt Kepler, der dieſe Entdeckung machete, hätte ſie darüber bald verfehlet.

Um die Entdeckungen über die Natur des Sehens auch ungeübten Leſern begreiflich zu machen, muß ich hier das nöthige von dem Baue des Auges beybringen [c]. Dieſes Werkzeug des Sehens gleicht faſt einer Kugel und iſt in drey Kammern abgetheilet, deren jede mit einer ſogenannten Feuchtigkeit angefüllet iſt, wovon aber nur zwey flüſſig ſind. Das Auge hat ferner drey Häute, wovon die äußere, a a, die harte Haut, (ſclerotica) heißt. Dieſe iſt dick und ſtark, und in dem Vordertheile, A A, welchen man die Hornhaut (cornea) nennt, durchſichtig und etwas hervorragend. Die folgende, c c, die adrichte Haut, (chorioides) genannt, hat bey p p eine Oeffnung, welche man durch die durchſichtige Hornhaut ſehen kann. Dieſes iſt der Stern (pupilla). Das übrige der adrichten Haut, bp, bp, das unter der Hornhaut liegt, iſt bey einem Menſchen anders gefärbt als bey dem andern, und heißt die Farbenhaut (Iris [d]). Sie beſtehet aus muskulöſen Fibern, wovon ein Theil ringförmig iſt, die von den andern unter rechten Winkeln durchkreuzet werden. Die erſtern dienen, den Stern zuſammenzuziehen, die letztern ihn zu erweitern [e]. In einer kleinen Entfernung hinter dem Sterne iſt eine weiche aber durchſichtige Subſtanz, C C, befeſtiget, welche die Geſtalt eines auf beyden Seiten erhabenen Glaſes hat, und die kryſtallene Feuchtigkeit genannt wird. Die Ligamente, dadurch ſie gehalten wird, heißen ligamenta ciliaria, oder proceſſus ciliares [f]. Hinten im Auge, aber nicht dem Sterne gerade

Bau des Auges. §. 7.

c) Leſern, die keine Naturkündiger ſind, empfehle ich die Betrachtungen über das menſchliche Auge von J. F. Häſeler, Predigern in Wolfenbüttel. Hamburg, 1771. 212 Octavſeiten. Weitern Unterricht findet man außer den zahlreichern ältern Schriften in der deſcriptione anatomica oculi humani iconibus illuſtrata, auct. *I. G. Zinn.* Gottingae, 1754 272 p. 4to. welche ſich, wie der Titel anzeiget, bloß auf die Anatomie einſchränket. Das phyſiologiſche, phyſikaliſche und philoſophiſche von der Betrachtung des menſchlichen Auges, nebſt der Vergleichung der Augen der Thiere mit dem menſchlichen, trifft man an in dem treatiſe on the eye, the manner and phaenomena of viſion, by *W. Porterfield*, Edinburgh 1759. 2 voll. 8vo 450 und 434 S. 8 Kupf. K.

d) Die Hinterfläche der Iris, welche mit einem ſchwarzen Leime überzogen iſt, heißt die Traubenhaut (uvea), wiewohl die Aderhaut ſelbſt bey manchen ſo heißt. Zinn, l. c. p. 82. K.

e) Die Exiſtenz der ringförmigen Fibern iſt noch ſehr zweifelhaft. Vielleicht ſind gewiſſe kleine Arterien dafür angeſehen worden. Zinn, l. c. pag. 89. 93. Ob die andern Fibern muſkulös ſind, iſt noch nicht ausgemacht, wiewohl es von den meiſten angenommen wird. Von Haller ſaget, daß die Erweiterung und Verengerung des Sternes bloß durch den ſtärkern oder ſchwächern Zufluß der Säfte in die farbenloſe Gefäße (vaſa decolora) der Iris bewerkſtelliget werden. Zinn, l. c. p. 91. Zinn nennt die Iris bloß annulum membranaceum, wiewohl er doch geneigt iſt, muſkulöſe Fibern darinne anzunehmen. K.

f) Die Proceſſus ciliares ſind nach Zinn (p. 74.) nichts anders, als die Falten der Aderhaut, welche ſich, wenn ſie vorne im Auge die harte Haut verläßt, einwärts ziehet, und über den Rand der Kryſtalllinſe leget. Dieſe Falten liegen auf der Vorderſeite der Linſe ganz frey auf, ohne mit ihr verbunden zu ſeyn. Es iſt wahr, faſt alle Anatomiker glauben, daß die proceſſus ciliares

gegen über, tritt der Sehenerve, N N, ein, der ſich ringeherum bis an die ligamenta ciliaria ausbreitet, und die Netzhaut (retina) ausmachet.

Außer den beyden angeführten Häuten, ward noch eine dritte vom Ruyſch entdecket, und heißt nach ihm tunica Ruyſchiana *g*). Sie ſchließt ſich dicht an die Aderhaut, nur daß ſie bey den ligamentis ciliaribus ſich davon trennet, und über die Hinterfläche der Kryſtalllinſe geht. Das ganze Auge iſt inwendig, ausgenommen die Hinterfläche der Linſe, und den gegen über liegenden Theil der Netzhaut, mit einer dicken ſchwarzen Subſtanz überzogen, welche alles Licht, das von der Netzhaut zurückgeworfen wird, verſchlucket, damit es nicht wieder darauf zurückgeworfen werde, und der Deutlichkeit der Bilder ſchaden möge.

Die Kammer zwiſchen der Kryſtallinſe und der Hornhaut iſt mit einer dünnen Feuchtigkeit, die wäſſerichte genannt, angefüllet, und die größere Kammer hinter der Linſe mit einer andern, die glasartige benamet.

fig. 8. Die kryſtallene Feuchtigkeit muß man ſich wie ein Linſenglas, H H, vorſtellen, wodurch die Strahlen von jedem Punkte des Gegenſtandes S T R zu ihren Vereinigungspunkten auf der Netzhaut in s t r gebracht werden.

Maurolycus erklärt, wie das Bild der Sonne durch eine eckichte Oeffnung rund erſcheinet.

Maurolycus fand auch die wahre Auflöſung einer Frage, welche ſchon ſeit dem Ariſtoteles die Optiker bemühet hatte, nämlich wie es zugehe, daß das Bild der Sonne in einem verfinſterten Zimmer rund erſcheint, wenn gleich die Oeffnung, wodurch die Strahlen gehen, eckigt iſt. Er bemerket, daß jeder Punkt der Oeffnung der Scheitelpunkt eines gedoppelten Kegels iſt, wovon einer ſeine Grundfläche auf der Sonnenſcheibe, der andere auf der gegen über ſtehenden (mit der Oeffnung parallelen) Wand hat. Das ganze Bild beſteht alſo aus einer Menge runder Bilder der Sonne, und wird daher, wenn man es in einer ziemlichen Entfernung von der Oeffnung auffängt, wo es gegen die Fläche der Oeffnung groß iſt, ſich der Kreisfigur deſto mehr nähern, je kleiner die Oeffnung, und je größer die Entfernung iſt *h*).

Zu

liares mit der Kryſtalllinſe aufs ſtärkſte verbunden ſind, beſonders die, welche die Veränderung der Kryſtalllinſe in Abſicht auf ihre Lage und Figur dadurch bewirken wollen, und darum ſie aus muſkulöſen Fibern beſtehen laſſen. Man ſieht aber dergleichen Fibern ſelbſt mit dem ſtärkſten Vergrößerungsglaſe nicht. (Zinn, S. 70.) Die Kryſtalllinſe iſt mit einer höchſt durchſichtigen Haut, einer Kapſel, umgeben, in welche auf der vordern Seite eine Art von Gürtel (zonula, corona ciliaris) von der tunica vitrea, (der Membrane, welche die gläſerne Feuchtigkeit einſchließt), zwiſchen dieſer Feuchtigkeit und dem ligamento ciliari, hineingeht, und die Linſe an ihrer Stelle erhält. (Zinn, p. 121. 136.) K.

g) Die tunica Ruyſchiana, die im Anfange mit Beyfall angenommen worden, iſt in den neuern Zeiten von verſchiedenen, als von Albinus, Hallern, Zinn, verworfen. Herr Prieſtley rechnet hier die beyden Lamellen der Aderhaut für zwey Häute, und ſcheinet die Netzhaut nicht mit zu zählen, die ſo viel ich weis, immer als die dritte, auf die harte und dieſ adrichte, dieſe mag einfach oder doppelt ſeyn, folgende Haut gezählet wird. K.

h) Montucla hiſtoire vol. I. p. 627. Saverien p. 245.

Zu gleicher Zeit mit Maurolycus machte Johann Baptiſta Porta, aus Neapel, eine merkwürdige Entdeckung, welche die Natur des Sehens gar ſehr erläutert. Denn ihm hat man die Erfindung des verfinſterten Zimmers (camera obſcura,) eines der artigſten und unterhaltendſten Verſuche in der Optik, zu danken. Dieſer Gelehrte wandte vielen Fleiß auf die Arzeney- und Naturwiſſenſchaft, und ſparte keine Mühe und Koſten, ſowohl auf ſeinen Reiſen ſich von jeder wiſſenswürdigen Sache zu belehren, als auch durch Verſuche ſich von der Wahrheit der erhaltenen Nachrichten zu verſichern. Freylich findet man nicht wenig Fehler in ſeinen Schriften, welche man ihm aber wegen der ſo häufigen Vorurtheile ſeines Zeitalters leicht vergiebt. Sein Haus ward von allen geſchickten Leuten zu Neapel beſtändig beſuchet. Er errichtete auch eine ſo genannte Akademie der Geheimniſſe, davon jedes Mitglied verbunden war, etwas noch nicht ſehr bekanntes und zugleich nützliches mitzutheilen. Porta, Erfinder der camera obſcura.

Hierdurch verſchaffte er ſich die Materialien zu ſeiner Magia naturalis, worinn die Beſchreibung des verfinſterten Zimmers vorkömmt, und die zum erſtenmahle um 1560, alſo 15 Jahr vor des Maurolycus oben angeführter Schrift herauskam, wie er, ſeiner eigenen Nachricht zufolge, noch nicht funfzehen Jahre alt war. Dieſerhalben hätte ich ihm den Vortritt vor Maurolycus geben können. Weil Maurolycus aber weit älter iſt (denn er ſtarb im 81 Jahr ſeines Alters, in eben dem Jahre, da ſein Buch herauskam) und ich nicht weis, ob die Nachricht von der Camera obſcura ſchon in der erſten Auflage der Magia naturalis ſteht, welche dreyßig Jahr hernach mit vielen Vermehrungen wieder herausgekommen iſt: ſo habe ich dieſe beyden Naturkündiger lieber nach ihrem Alter ſetzen wollen, zumal da ſie ſich nicht bekannt geweſen zu ſeyn ſcheinen. Denn ich erinnere mich nicht, daß Porta jemals den Maurolycus anführet, oder von ſeinen Entdeckungen etwas gewußt zu haben ſcheint, welches ich wirklich nicht begreife.

Der Römiſche Hof ſchöpfte über die Verſammlungen beym Porta Argwohn, und verbot ſie, welches nach den damaligen Zeiten nichts befremdendes iſt. Porta ſcheint ſonſt ein guter Katholik geweſen zu ſeyn. Denn von einem Franzoſen, der ihn einen Zauberer und Beſchwerer genannt hatte, erzählet er, daß er bey näherer Nachforſchung gefunden habe, dieſer Menſch ſey ein Ketzer, der am Bartholomäus Tage zu Paris mit genauer Noth durch einen Sprung von einem Thurme ſein Leben gerettet habe. Er bitte aber, wie es einen Edelmann und Chriſten gezieme, aufrichtig zu Gott um deſſen Bekehrung, damit er nicht lebendig verbrannt werden möge. (Vorrede zur Magia nat.)

Dieſes Werk ward ſogleich nach der erſten Ausgabe ins Italieniſche, Franzöſiſche, Spaniſche und Arabiſche überſetzet, und in verſchiedenen Ländern zum öftern aufgeleget. Es iſt eine weitläuftige Sammlung von allen damals bekannten wiſſenswürdigen Dingen aus dem Gebiete der Natur und Kunſt. Porta hat überhaupt einen angenehmen Vortrag. Er ſcheint mit den Meynungen der Alten in allen philoſophiſchen Materien wohl bekannt geweſen zu ſeyn, und gebrauchet ſeine Gelehr-

Gelehrſamkeit zur Ausſchmückung ſeiner Schriften. Beſonders nimmt man dies an ſeiner Abhandlung über die Strahlenbrechung wahr.

Seine Beſchreibung des verfinſterten Zimmers iſt kurz, aber deutlich. Zuerſt bemerket er (Magia nat. c. 17) wenn man in einen Feſterladen ein kleines Loch machet, daß alle äußern Gegenſtände auf einer dagegen gehaltenen Fläche, mit ihren Farben, ſich abmalen; und daß dieſe Bilder noch weit deutlicher werden, wenn man ein Converglas in die Oeffnung ſtellet, und ſie in dem Vereinigungspunkte des Glaſes auffängt. Man könne alsdenn ſelbſt die Geſichtszüge der Perſonen außerhalb des Zimmers inwendig erkennen.

Manche, ſaget er ferner, hätten ſich zwar bemühet, die Bilder aufrecht darzuſtellen, aber es könne nichts helfen, weil ſie dadurch ſo dunkel werden, daß ſie alle Schönheit verlieren. Durch einen gehörig angebrachten Hohlſpiegel ließe ſich dieſer Zweck zur völligſten Zufriedenheit erreichen.

Porta vergaß auch nicht zu bemerken, daß man durch Hülfe des verfinſterten Zimmers ſehr genaue Abzeichnungen von Menſchen und allen Dingen machen, und die Sonnenfinſterniſſe ſehr bequem beobachten könne [i]).

Eine Zeichnung wird einigen Leſern die Wirkung der Camera obſcura begreiflich machen. Die Figur innerhalb des Zimmers ſtellet den Gegenſtand draußen vor, und zwar umgekehrt, weil die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gegenſtandes ins Zimmer kommen, in der Oeffnung ſich kreuzen.

Porta gieng noch weiter, und nahm ſtatt wirklicher Gegenſtände außerhalb des Zimmers kleine Bilder, die er ſo ſtellete, daß das Linſenglas in dem Fenſterladen ſie vergrößerte. Gerade vor dieſem Glaſe nämlich befeſtigte er einen hohlen Würfel von Papier, deſſen vordere Seite ſehr dünne war, und entwarf darauf eine beliebige Zeichnung. Darauf gab er dieſer Seite die gehörige Entfernung vom Glaſe: ſo konnte er durch Hülfe des Sonnenlichtes ein Nachbild der Zeichnung im Zimmer darſtellen. Zugleich machte er die Vorderſeite des Würfels beweglich, und konnte dadurch dem Bilde jede beliebige Bewegung geben: ein Kunſtſtück, das in fig. 9. den damaligen unwiſſenden Zeiten übernatürlich ſcheinen mußte. Auf dieſe Art erzählet er, habe er zum Erſtaunen der Zuſchauer Vorſtellungen von Jagden, Schlachten und andere dergleichen außerordentliche lebendige Gemälde hervorgebracht. Hiervon kam in der Folge Kircher auf die Erfindung der Zauberlaterne, die das bey Nacht, und in mancher Abſicht ſchicklicher leiſtet, was Porta bey Tage bewerkſtelligte [k]).

Kircher erzählet, daß er nach des Porta Manier einmal eine vortreffliche Vorſtellung der Kreuzigung geſehen habe. Auf gleiche Art wurde der Kayſer Rudolph von ſeinen Mathematikern mit einer Proceſſion aller Kayſer, vom Julius Cäſar bis auf ihn ſelbſt, beluſtiget.

Porta beweiſt, daß das Auge durch etwas von außen her gerühret werde.

Die Verſuche in dem dunkeln Zimmer überzeugten den Porta, daß das Sehen durch etwas, das von außen ins Auge kömmt, nicht durch Strahlen, die von dem Auge

i) Magia naturalis Lib. 17. c. 6.

k) Schotti magia vniuerſalis vol. I. p. 198.

Auge ausfließen, bewirket werde. Er war der erſte, der ſich und andere davon völlig überführte, ob gleich einige Naturkündiger noch bey der alten Meynung blieben. Eine gute Geſchichte der alten Meynungen findet man in ſeiner Schrift de refractione p. 87. Wirklich iſt auch die Aehnlichkeit zwiſchen der Entſtehung der Bilder im verfinſterten Zimmer, und der Art, wie das Sehen ins Auge bewirket wird, zu auffallend, als daß auch ein minder ſcharfſinniger Kopf ſie hätte unbemerket laſſen können. Aber bey der Vergleichung des Auges mit der Camera obſcura, wo er den Stern die Oeffnung im Laden ſeyn läßt, irret er ſich in ſo ferne, daß er die Kryſtalllinſe für das weiße Papier, worauf die Bilder ſich malen, anſieht. Kepler zeigte zuerſt im J. 1604. daß die Netzhaut dieſes Papier ſey [l]).

Porta ſaget, daß die Bilder der Gegenſtände auf die Kryſtalllinſe durch den Stern kommen, der die Stelle eines getreuen Thürhüters vertrete [m]). Daß ſie das Hauptwerkzeug des Sehens ſey, erhellet nach ihm daher, weil ſie in der Mitte des Auges, der vornehmſten Stelle, befindlich iſt, wo jedes der benachbarten Theile ſeine Dienſte ihr am leichteſten erweiſen kann. Er zeiget auch umſtändlich, wie jedes Stück des Auges, ſeiner Meynung nach, ſein Amt in dieſer Abſicht erfülle [n]).

Um einen Begriff von dem Zuſtande der Optik in dem Zeitalter des Porta zu geben, werde ich noch etwas von ſeinen Bemerkungen über das Sehen, die Theorie des Lichtes überhaupt, und die vornehmſten Ereigniſſe dabey anführen.

Einige optiſche Sätze des Porta.

Ueber das Sehen machet er manche gute Anmerkungen, und erkläret verſchiedene Fälle, da man etwas als wirklich zu ſehen glaubt, daß doch bloß ein von inwendig verurſachter Anſchein iſt. Er unterſuchet die verſchiedenen Meynungen, wie einige Leute des Morgens beym Erwachen, im dunkeln ſehen können, und zeiget ganz deutlich, daß dieſes hauptſächlich von einer großen Erweiterung des Sternes herrühre [o]).

Er bemerket, daß der Stern im ſtarken Lichte ſich unwillkührlicher Weiſe zuſammen ziehe, ſo wie er hingegen bey ſchwachem Lichte ſich erweitere. Jeder, ſaget er, könne ſich hievon überzeugen, wenn er das Auge eines andern betrachte, einmal, wenn dieſer ſich gegen die Sonne gewandt habe, und denn, wenn er ſich ſogleich darauf an einen ſchattichten Ort begebe [p]).

Geſchichte der Beobachtung der Veränderung in der Weite des Sternes.

Inzwiſchen gehöret dieſe Bemerkung nicht dem Porta zu. Daß der Stern bey ſtarkem Lichte ſich verengert, hat ſchon Achillinus im J. 1522. bemerket. Auch den Arabern, Rhazes und Avicenna, war es bekannt [q]). Ja ſelbſt Galenus ſpricht davon. Auch der berühmte Pater Paul von Venedig, hat, nach dem Porterfield [r]), als zweyter Erfinder einen gegründeten Anſpruch auf die Ehre, es für ſich

l) de refractione p. 91.
m) Ib. p. 73.
n) Ib. p. 82.
o) Ib. p. 158.
p) Ib. p. 74.
q) Halleri Phyſiologia. vol. 5. p. 374.
r) Treatiſe on the eye, vol. 2. p. 93. (Unter dieſem Paul von Venedig verſtehe ich den Verfaſſer der Geſchichte des Tridentiniſchen Concilium, deſſen Einſichten in die Medicin, Anatomie und Mineralogie gerühmet werden. K.)

ſich bemerkt zu haben. Galenus glaubte nämlich, daß der Stern ſich nicht anders erweitere, als wenn das eine Auge geſchloſſen wäre, und daß er ſich verengere, wenn man es wieder aufthue [s]). Dieſe Meynung ward überall angenommen, bis Fabricius ab Aquapendente, Nachfolger des großen Fallopius zu Padua, an einer Katze bemerkte, daß der Stern ſich erweiterte und verengerte, wenn auch beyde Augen offen waren. Er gerieth hierüber in Verlegenheit, bis ihm der Pater Paul von Venedig heraushalf der durch wiederholte Erfahrungen fand, daß nicht allein an Katzen, ſondern auch an Menſchen der Stern bey ſtarkem Lichte enger, bey ſchwachem weiter werde. Es ſcheinen alſo alle Aerzte und Naturkündiger die ſchon gemachte Beobachtung vergeſſen zu haben. Der berühmte Montanus von Padua, der 1551. ſtarb, ſahe es an zweenen ſeiner Patienten als etwas unnatürliches an, daß der Stern bey ſtarkem Lichte enger, bey ſchwachem weiter ward [t]).

Noch einiges vom Porta.

Wie hohle oder erhabene Gläſer dem Geſichte zu Hülfe kommen können, verſucht Porta zu erklären, ohne das, was Maurolycus und andere davon geſaget haben, zu kennen [u]). Seine Erklärung taugt aber nichts. Er meynt, daß bey Alten der Stern zu weit, und die Feuchtigkeiten zu dicke wären, und daß ſie deswegen die Sachen weiter von ſich halten müßten [v]); ſo wie bey jungen Perſonen der Stern zu enge ſey, als daß ſie deutlich ſehen könnten. Dieſen werde durch Hohlgläſer geholfen [w]). Er erzählt umſtändlich die Hypotheſen, wodurch man erklären wollen, wie man mit zwey Augen nur einfach ſieht. Seine Meynung iſt, man ſehe niemals mit mehr als einem Auge zugleich, welches er ſogar aus der Erfahrung beweiſen will [x]) So wunderbar und vielen klaren Erfahrungen zuwider dieſe Meynung iſt, ſo iſt ſie doch von Schriftſtellern eines erleuchtetern Zeitalters als des Porta ſeines war, behauptet worden.

Nachdem er von dem Nutzen der Hohlgläſer zur Betrachtung entfernter Gegenſtände, und der erhabenen bey nahen Dingen geredet hat, ſetzet er hinzu, wenn man ſie gehörig zu ſtellen wiſſe, werde man im Stande ſeyn, ſowohl nahe als entfernte Dinge damit deutlich zu ſehen. Er ſelbſt habe guten Freunden auf dieſe Art geholfen. Dieſes ſieht, wie oben bey dem Mönche Bacon, wieder wie ein Fernrohr aus. Aus andern Gründen iſt aber ſehr wahrſcheinlich, daß Porta von einem ſolchen Werkzeuge nichts gewußt, ſo dern bloß die Brennweiten einfacher Gläſer durch eine gewiſſe Verbindung derſelben verlängert oder verkürzet habe [y]). Porta machet noch folgende richtige Beobachtung, die Wirkung der Strahlenbrechung betreffend; nämlich, daß eine runde flache Ebene, ins Waſſer getaucht, dem Auge, das ſenkrecht über der Mitte gehalten wird, hohl und vergrößert erſcheine, weil der Rand durch die Brechung erhoben werde. Er erkläret die Art, wie dieſes geſchieht, ganz wohl durch eine Zeichnung [z]). Eine nähere Beſtimmung dieſer ſcheinbaren Krümmung

s) de vſu part. L. 10. c. 5.
t) Conſultationes, nr. 91 92.
u) de refractione, p. 175.
v) Ibid. p. 137.
w) Ibid. p. 188.
x) Ibid. p. 112.
y) Montucla hiſtoire vol. I. p. 629. Mem. de l'acad. des Scienc. 1717.
z) de refract. p. 19.

mung wird man in der Folge dieſer Geſchichte antreffen. Dieſe Bemerkung machte unſer Verfaſſer gewiß aus der Erfahrung, nicht aus der Theorie. Umgekehrt aber iſt es, wenn er behauptet, daß man in einer großen Entfernung Schießpulver anzünden, und Schlöſſer in die Luft ſprengen könnte, wenn man die Sonnenſtrahlen erſt in einen Brennpunkt durch einen Hohlſpiegel vereinigte, und ſie darauf durch Hülfe eines Planſpiegels parallel fortſendete.

Alhazen hatte behauptet, das Licht werde nicht in einem Augenblicke fortgepflanzet. Seine Gründe ſind ſubtile metaphyſiſche Schlüſſe, welche Porta zu wiederlegen ſuchet, wiewohl durch keine beſſere, ausgenommen daß er ſich auf die Erfahrung beruſet [a]). Porta nimmt einen Unterſchied zwiſchen wahren und falſchen Farben, wie die Alten, an [b]). Das Licht ſelbſt hält er für farbenlos, wiewohl es nach ſeinen Gedanken von äußern Urſachen, als von durchſichtigen Subſtanzen, gefärbet werden kann. Nicht durch Zurückſtrahlung ſondern durch Brechung ſollen die Farben im Regenbogen entſtehen, wobey er aber nicht die Brechung in einzelnen Tropfen, ſondern in der ganzen Maſſe des fallenden Regens, als eines einzigen, von der Luft in Abſicht auf die Dichtigkeit verſchiedenen Mittels verſteht [d]). Die Verſchiedenheit der Farben ſoll aus einer Miſchung des Lichts und der dichtern oder dünnern Theile der Luft entſtehen. Daß Farben eine Miſchung von Licht und Dunkelheit ſind, wie die meiſten unter den Alten glaubten, verwirft er [e]).

Lord Bacons Gedanken vom Lichte.

Der große Lord **Bacon**, ein Zeitgenoſſe des Porta, aber doch jünger als dieſer, er, der den mangelhaften Zuſtand der Naturwiſſenſchaft zu ſeiner Zeit und die Urſachen davon ſo richtig einſah, der ſo manchen vortreflichen Fingerzeig zu ihrer Erweiterung gab, (wovon man in der Folge ſehr guten Gebrauch gemachet hat,) bedauert es ſehr, daß man die Form und den Urſprung des Lichts bis dahin ſo wenig unterſuchet hätte, da man doch mit der Perſpectiv (Optik) ſich ſoviel Mühe gegeben habe. Aber in dieſer Wiſſenſchaft, ſaget er, werde der Weg des Lichts bloß mathematiſch betrachtet, und das Phyſikaliſche bey Seite geſetzet. Dieſes rechnet er demnach unter die **Deſiderata** ſeiner Zeit, und wünſchet, daß man es fleißiger unterſuchen möge [f]).

In einem andern Werke leget er zwölf Fragepunkte, das Licht betreffend vor, welche von ſolchen, die auf den Fortgang der Wiſſenſchaften achtſam ſind, nicht anders als mit Vergnügen geleſen werden können; weil ſie ſowohl den mangelhaften Zuſtand der damaligen Kenntniſſe beweiſen, als auch zeigen, wie ſehr er dieſe Unvollkommenheit eingeſehen habe. Eine von den Fragen, die dieſer große Mann gerne durch die Erfahrung will beantwortet haben, iſt, ob das Licht ſich nach allen Richtungen gleichförmig ausbreite; denn von der Hitze glaubet er, daß ſie aufwärts ſteige. Ferner, ob die Luft zur Fortpflanzung des Lichts nöthig ſey, und

a) de refractione p. 95.
b) Ib. p. 215.
c) Ib. p. 190.
d) Ib. p. 202.
e) Ib. p. 190.

f) de augmentis ſcientiarum in Bacon's Works vol. 2. p. 136. (nach der Frankfurter lateiniſchen Ausgabe, 1655. fol. pag. 119. Ü.)

ob das Licht auch, wie der Schall, durch den Wind aufgehalten werde[g]). Sichtbare und hörbare Sachen kommen, wie er saget, darinn überein, daß von beyden keine körperliche Substanzen ausfahren, oder eine in die Augen fallende Bewegung des umgebenden Mittels verursachet wird: sondern daß bloß gewisse species spirituales von ihnen entstehen, deren Natur aber unbekannt ist[h]). Die Luft, meynet er, sey das schicklichste Mittel, die Empfindungen sowohl des Gesichts als des Gehörs zu erregen, nur daß ein starker Wind das Licht, nicht so sehr wie den Schall, schwächen werde[i]).

Die große Vorsichtigkeit, welche dieser Philosoph bey den Untersuchungen über die Natur gebrauchet wissen will, zeiget sich darinn, daß er ansteht, daraus, weil eine Sache unterm Wasser einem Auge in der Luft vergrößert erscheint, zu folgern, eine Sache in der Luft werde einem im Wasser befindlichen Auge verkleinert vorkommen. Wie es hierbey zugehe, saget er, weis ich nicht[k]).

Wie wenig ohne wirkliche Erfahrungen Männer von den größesten Geisteskräften fortzukommen im Stande sind, selbst da, wo sie die kläreste Analogie zur Führerinn haben, können Lord Bacons Schlüsse darthun, die er über die Möglichkeit machet, ein Bild vermittelst einer zurückstrahlenden Fläche zu sehen, ohne daß man die Fläche selbst sieht. Da die hiervon handelnde Stelle nicht lang und sehr merkwürdig ist, so will ich sie ganz hersetzen, den Philosophen zur Aufmunterung, daß sie, bey einem solchen Vorgänger, wie Lord Bacon ist, sich nicht scheuen mögen, auch aufs Gerathewohl Vermuthungen hinzuwerfen, wenn sie nur die entfernteste Aussicht haben, dadurch zur Entdeckung der Wahrheit etwas beytragen zu können.

Stelle aus dem Bacon vonLuftbildern.

„Es wäre der Mühe werth zu untersuchen, ob nicht die Zurückstrahlung so „gut, wie das gerade auffallende Licht, große Brechungen bewirken könnte Z. E. „man nehme ein leeres Becken, lege ein Goldstück, oder sonst was hinein; gehe „darauf soweit zurück, bis das Goldstück verschwindet, weil man es nach der gera„den Linie nicht mehr sehen kann; fülle alsdenn das Gefäß mit Wasser, so wird „man es durch die Brechung an einer andern Stelle erblicken, als wo es wirklich „liegt. Um weiter zu gehen, setze man einen Spiegel in das mit Wasser gefüllte „Gefäß. Dann, denke ich, wird man das Bild nicht nach der geraden Linie, „oder durch die Zurückstrahlung unter gleichen Winkeln, (at equal angles) sondern „zur Seite (wide) sehen. Ich weis nicht, ob dieser Versuch nicht auch so sich ein„richten lasse, daß man, ohne den Spiegel zu sehen, das Bild sehen könnte. Dies „wäre eine so schöne als neue Sache, weil man das Bild, wie einen Geist, in der „Luft schweben sehen würde. Z. E. einem Wasserbehälter oder Teiche gegen über „stelle man das Bild des Teufels, oder was man sonst will, ohne daß man das „Wasser sehe. In das Wasser setze man einen Spiegel. Kann man nun seitwärts „(aside)

g) Ibid. vol. 2. p. 113.
h) Ib. p. 198. (Ed. Francof. p. 810. wo sie propagines spirituales heißen.)
i) Ib. p. 199. (Ed. F. p. 811.)
k) Ib. p. 154. (Ed. F. p. 911.)

„(aſide) das Bild des Teufels erblicken, ohne daß das Waſſer in die Augen fällt, „ſo wird es wie der Teufel ſelbſt ausſehen. Man hat eine alte Sage in Oxford, „daß der Mönch Bacon durch die Luft von einem Kirchthurme zum andern ſpatzie„ret ſey, dies ſollte er, wie man damals glaubte, durch Gläſer bewerkſtelliget ha„ben, ob er gleich auf der Erde gieng l).„

Geſchichte des Kunſtſtücks, Luftbilder zu machen.

Das Kunſtſtück Luftbilder zu machen, kann man bis zum Vitellio hinauf leiten, deſſen Gedanken darüber von einem Schriftſteller zum andern, mit beträchtlichen Zuſätzen, bis zum Bacon gegangen ſind. Vitellios Einfall iſt, vermittelſt eines cylindriſchen erhabenen Spiegels die Bilder außerhalb des Spiegels in der Luft darzuſtellen, ohne daß man den Gegenſtand ſieht m). Aus der Beſchreibung der dazu nöthigen Vorrichtung erhellet, daß der Spiegel innerhalb eines Zimmers, der Zuſchauer und der Gegenſtand außerhalb deſſelben ſeyn ſollten. Seine Beſchreibung iſt aber ſehr undeutlich, und wenn mans unterſuchet, wird man die Sache nach ſeiner Manier unmöglich finden. Iſt ihm wirklich ein Verſuch gelungen, ſo muß er ſich auf irgend eine Art betrogen haben.

Porta ſaget, man könne bloß mit einem Planſpiegel Luftbilder hervorbringen. In der umſtändlichern Beſchreibung ſeiner Manier, das Kunſtſtück zu machen, giebt er einen Planſpiegel mit einem Hohlſpiegel verbunden an n).

Kircher redet auch von der Möglichkeit ſolche ſchwebende Bilder zu machen, und glaubet, daß ſie von der dicken Luft zurück geworfen werden. Eine der artigſten und beſten Einrichtungen ſie hervor zu bringen iſt diejenige, welche er in ſeiner Ars magna lucis et vmbrae p. 783. beſchreibt. Auf den Boden eines hohlen polirten Cylinders wird ein Gemälde gelegt, worauf es wie ein körperlicher Gegenſtand in der Mündung des Gefäßes erſcheint. Auf dieſe Art, erzählet er, habe er einmal die Himmelfahrt Chriſti ſo vollkommen vorgeſtellet, daß die Zuſchauer ſich nicht hätten wollen überreden laſſen, es wäre ein bloßes Luftbild, bis ſie ſich durchs Zugreifen überzeugt hätten.

Zuſätze des Ueberſetzers.

Franciſcus Maurolycus iſt 1494 zu Meſſina gebohren. Sein Geſchlecht ſtammte aus Conſtantinopel her. Er ward 1521 Prieſter, und lehrte öffentlich die Sphäre und die Elemente Euklidens. Bey verſchiedenen vornehmen Herren war er ſehr in Anſehen, beſonders bey einem Marquis de Gerace, der ihm die Abtey Stae Mariae de Partu, nahe bey Caſtronuovo gab. Er fuhr als Abt

l) Bacon's works, vol 3. p 155. (Ed. F. p. 911. Die Stelle iſt aus der ſylua ſylua-rum, oder hiſtoria naturali, einem urſprünglich engliſch geſchriebenen Werke. Die beyden in meiner Ueberſetzung beygeſchriebenen Worte, wide und aſide, ſind im lateiniſchen durch obliqua und ex obliquo ausgedrücket. K.)

m) Optica p. 308. L. 7. prop. 60.

n) Magia nat. L. 7. c. 5.

fort, die Mathematik in Messina zu lehren. Wegen seiner Vorhersagungen, besonders, weil er dem D. Juan von Oesterreich den Sieg gegen die Türken geweißaget hatte, war er sehr berühmt. Er starb 1575. Außer verschiedenen andern Schriften, darunter auch viele Ausgaben alter Mathematiker sind, hat man von ihm die optische Schrift: Photismi de lumine et umbra, ad Prospectivam radiorum et incidentiam facientes. Venetiis 1575. 4. Messinae 1613. 4. (Dictionaire de Chaufepié).

Die Ausgabe seiner optischen Abhandlungen, welche ich vor mir habe, führet den Titel: *Fr. Maurolyci*, Abbatis Messanensis, theoremata de lumine et umbra, ad perspectivam et radiorum incidentiam facientia; Diaphanorum partes, seu libri tres, in quorum primo de perspicuis corporibus; in secundo de Iride; in tertio de organi visualis structura et conspicillorum formis agitur: Problemata ad Perspectivam et Iridem pertinentia. His accesserunt *Christoph. Clavii* e S. I. notae etc. Lugduni apud B. Vincentium. 1613, 94 pagg. 4. In der ersten dieser Abhandlungen saget M. nichts merkwürdiges, wenn ich die oben angeführte Untersuchung, über die Figur des Bildes eines leuchtenden Körpers, ausnehme. Die Strahlen, welche von einem Punkte auf einen Hohlspiegel fallen, saget er, kommen beynahe wieder in einen Punkt zusammen. Wo aber? bestimmet er nicht. In den Diaphanis saget er, (th. 10.) die Neigungswinkel der einfallenden Strahlen gegen das Einfallsloth seyn den gebrochenen Winkeln proportional, und will dieses aus dem Euklideischen Begriffe von der Proportion herleiten, wobey er sich aber auf ein falsches Axiom gründet. In Absicht auf die Brechung der Strahlen durch eine Glaskugel zeiget er nur, daß die von einem Punkte herkommenden, oder parallele Strahlen, den ungebrochen durchgehenden Strahl nicht innerhalb der Kugel schneiden. Die übrigen Sätze von dem Vereinigungspunkte der Strahlen durch eine Kugel enthalten nichts bestimmtes über den Ort desselben. Eine Kugel, saget er (th. 23.) entwirft ein Bild der leuchtenden Sache, weil die Strahlen fast in einem Punkte auf dem ungebrochenen zusammenkommen. Daher lasse sich erklären, warum Brillengläser ein verkehrtes Bild in einer gewissen Entfernung darstellen. Denn sie bestehen aus Kugelflächen. Sie geben ein deutlicher Bild als eine Kugel, weil ihre Oberflächen kleine Kugelabschnitte sind, wodurch die Strahlen noch besser in einen Punkt zusammen gebrochen werden, als durch eine ganze Kugel. Dies ist seine ganze Theorie von Brillen, der Inhalt eines Corollariums. Was er von dem Regenbogen lehret, verspare ich in die Zusätze zu dem folgenden Abschnitte, und gehe zu seinen Betrachtungen über das Auge und die Brillen.

Die krystallene Feuchtigkeit, saget er, sey das Hauptstück, worinne die Sehekraft (virtus visiua) ihren Sitz habe. Sie sey vorne flächer als hinten, damit mehr Platz gewonnen werde, um die Formen der sichtbaren Dinge aufzunehmen. Die Bilder der äußern Gegenstände scheint er auf die Linse zu setzen. Denn er drücket sich ferner aus: Hic humor (crystallinus) in visione recipit species, receptasque per opticum neruum ad communis sensus iudicium defert. — Qui autem

tem facit ad transmittendum, is est humor albugineus siue aqueus, per quem traiiciuntur species. Die Aderhaut diene, saget er, Schatten zu geben, und dadurch die Strahlen empfindbarer zu machen, so wie man in einem schattichten Zimmer die hereinfallenden Strahlen auch besser sehe, und wie man auch bey zu starkem Lichte die Hand oder einen Schirm vors Auge halte. Dieses sind, wie man sieht, noch sehr fehlerhafte Begriffe vom Auge. Hierauf stellet Maurolycus eine Vergleichung zwischen Brillengläsern und der Krystalllinse an. Strahlen, die innerhalb eines Converglases parallel mit der Axe sind, werden beym Ausfahren nach der Axe zu gebrochen, und dieses desto mehr, je erhabener das Glas ist. Durch ein Concavglas aber werden sie aus einander gebrochen, wiederum desto stärker, je größer die Krümmung ist. Daher rühre die Linsengestalt der krystallenen Feuchtigkeit. Sie hätte nicht dürfen kugelförmig seyn, damit nicht die Strahlen, welche durch den Mittelpunkt giengen, sich daselbst kreuzen, und auf dem Sehenerven ein verkehrtes Bild entwerfen möchten, wodurch man die Gegenstände verkehrt sehen würde. Bey der Linsengestalt aber kämen die Strahlen, ehe sie sich kreuzten, auf den Sehenerven, und stellten das Bild der Sache (speciem) in seiner gehörigen Lage vor. Er giebt es für bewiesen aus, daß man jeden Punkt einer Sache durch eine einzige Linie sehe, weil man ihn sonst vervielfältiget erblicken würde. Erfüllte jeder Punkt des Gegenstandes die Oberfläche mit Strahlen, so würde, wie er meynet, daraus eine gewaltige Verwirrung entstehen. So haben auch Alhazen und Vitellio (jener L. I. prop. 15. 18. dieser L. III. p. 17.) behauptet, daß das deutliche Sehen durch die Perpendicularlinien, von den Punkten der Sache auf die Oberfläche des Auges bewirket werde, weil die krystallene Feuchtigkeit nur nach diesen Linien die Sache empfinden müßte, wenn die Empfindung nicht verwirret werden sollte. Eben so, wie diese Schriftsteller, stellet sich Maurolycus eine Strahlenpyramide vor, deren Grundfläche die gesehene Sache ist. Ehe die Strahlen derselben, saget er, in einem Punkte zusammen kommen, drücken sie durch die Feuchtigkeiten des Auges die Gestalt der Grundfläche auf den Sehenerven mit der vollkommensten Aehnlichkeit aus. Die optischen Schriftsteller sagen also nicht unrecht, fährt er fort, daß das Sehen vermittelst einer abgekürzten Pyramide geschehe.

Maurolycus war also noch viel weiter von der wahren Erklärung des Sehens entfernt, als Montucla glaubet, der Herrn Priestley verleitet hat, sich eine noch größere Meynung von desselben Entdeckungen zu machen. Er schreibt ihm sogar die richtige in fig. 8. abgebildete Vorstellung zu. Ich konnte nicht umhin, dieses in der Uebersetzung auszulassen.

Der einzige Schritt, den Maurolycus weiter gethan zu haben scheint, ist der, daß er die Linse mit beyden Flächen die Strahlen brechen läßt, und die Empfindung auf die Netzhaut setzet, da Vitellio und Alhazen sie auf der krystallenen Feuchtigkeit annahmen.

Die Kurzsichtigkeit rühret nach dem Maurolycus daher: daß die Linse zu erhaben ist, daher die Strahlen auf dem Sehenerven zu nahe an einander kommen, wodurch das Sehen undeutlich werde. Die Weitsichtigkeit entstehe, wenn die Vereinigung

der

der Strahlen (nicht die von einem Punkte, sondern von verschiedenen) zu weit weg liege, wodurch auch die Sehekraft geschwächet werde. Nun wird man leicht sehen, wie er die Wirkung der Brillen erkläret. Sie bringen die Sehestrahlen einander näher, oder entfernen sie von einander. Dieses sind aber die einzelnen Strahlen von jedem Punkte der betrachteten Sache. Er erwähnet noch, daß in seinen jüngern Jahren die Brillenmacher auf ihren Brillen das Alter bemerket hätten, für welches sie sich am besten schickten. Dies ist vermuthlich eine Pralerey gewesen.

Fast befürchte ich, diesen Auszug so weitläuftig gemacht zu haben, wiewohl er mir nöthig schien, den Zustand der Optik im sechszehenten Jahrhunderte genauer vorzustellen. Maurolycus scheint mir nicht viel zur Verbesserung derselben beygetragen zu haben.

Von dem J. B. Porta hat Hr Priestley zwar umständlich gehandelt, doch will ich noch folgendes zusetzen.

Seine optische Schrift hat den Titel: *Io. Bapt. Portae* Neap. de refractione, Optices parte, Libri nouem. 1. de refractione et eius accidentibus. 2. de pilae crystallinae refractione. 3. de oculorum partium anatome et earum muniis. 4. de visione. 5. de visionis accidentibus. 6. cur binis oculis rem vnam cernamus. 7. de his, quae intra oculum fiant, et foris existimantur. 8. de specillis. 9. de coloribus ex refractione, s. de iride, lacteo circulo. cet. Neapoli 1583. 230. pag. 4to.

Er bemerket, wie es mir scheint, zuerst, daß der Brennpunkt eines Hohlspiegels um den vierten Theil des Durchmessers vom Spiegel entfernet ist. p. 39. Die Brechungen der Sonnenstrahlen durch eine gläserne Kugel lehret er durch Beobachtungen finden, p. 41. erwähnet aber noch nichts von der Entfernung ihres Brennpunktes. Er saget nur, daß er nahe hinter der Kugel liege. p. 63. In dem fünften Buche, worinne er die Erscheinungen bey gerade fortgehendem Lichte betrachtet, untersucht er auch die, welche Vitruvius bemerket hat, daß hohe aufrechte Dinge rückwärts sich zu lehnen scheinen. Er glaubet, daß man das Gegentheil wahrnehmen würde. Ueber die Brillen saget er nichts bestimmtes, konnte es auch nicht, weil er nie etwas von einem Gesetze der Brechung erwähnet. Es sind nur ohngefähre Bestimmungen des Weges, den die einzelnen Strahlen von gewissen Punkten des Gegenstandes durch das Glas nehmen. Von seinen Untersuchungen über den Regenbogen saget er, daß er über vierzig Jahr aus allen Kräften daran gearbeitet habe, et Dii fauxint, vt aliquid boni nacti simus. Die Götter haben ihn nicht erhöret. Porta starb 1615. ohngefähr 75 Jahr alt. Außer den angeführten Schriften hat er noch manche andere geschrieben, z. E. Elementa curuilinea, de zifris, oder von der geheimen Schreibekunst, u. a. daß er seine Magia naturalis schon im funfzehenten Jahre herausgegeben habe, ist etwas schwer zu glauben. In der Bibliotheque de Richelet wird es sehr bezweifelt. (Dictionn. de Moreri.)

Italien, das im sechszehenten Jahrhunderte so fruchtbar an Gelehrten war, hatte noch mehrere, die sich um die Optik Mühe gaben. Unter diesen ist Bernardinus Telesius einer der ersten, die sich der Tyranney der verdorbenen Aristotelischen

ſchen Philoſophie entgegen ſetzten, und ſelbſt zu denken wagten, wenn ſie auch noch nicht ſehr glücklich darinne waren. Man hat von ihm Abhandlungen über den Regenbogen und über die Farben, in ſeinen vom Antonius Perſius, zu Venedig 1590. in 4. herausgegebenen Schriften. Er iſt zu Coſenza in Calabrien 1508. gebohren, und ſtammte aus einer edlen Familie her. Die Erzbiſchöfliche Würde in ſeiner Vaterſtadt, welche ihm der Pabſt Paul IV. anbot, ſchlug er aus, vielleicht um ſich verheyrathen zu können. Einige Zeit darauf, nachdem er ſeine Frau verloren hatte, begab er ſich auf ſein Landguth, ließ ſich aber doch bereden, ſeine neue Philoſophie zu Neapel zu lehren, welches mit großem Beyfalle geſchah. Er ſtarb 1588. S. *Lotteri* diſſ. de *Bernardini Teleſii* vita et philoſophia. Lipſ. 1726. und Commentarius von demſelben, Leipz. 1733.

Ein anderer iſt Alexander Picolomini, der des Alexander Aphrodiſienſis Commentarius über die meteorologiſchen Abhandlungen des Ariſtoteles zu Venedig 1545 fol. herausgegeben, und eine kurze Abhandlung über den Regenbogen angehänget hat. Ich vermuthe, daß es derſelbe mit dem Alexander Piccolomini, Erzbiſchofe von Patras und Coadjutor von Siena ſey, den Moreri als Mathematiker, Phyſiker, Philoſoph und Dichter rühmet, und dabey als einen frommen gutthätigen Prälaten vorſtellet. Dieſer ſtarb 1578. zu Siena im 70. Jahre ſeines Alters.

* * *

Von dem großen Kanzler Bacon bemerke ich nur dieſes wenige, daß ſeine ſämmtlichen Werke 1730. in 4 Fol. zu London von Blackbourne, ſeine Briefe und Fragmente 1734. in 4. von Robert Stephens, und ſeine philoſophiſchen Schriften von Dr. Peter Shaw, engliſch, eben daſelbſt 1733. in 3 Quartbänden herausgegeben ſind. Er iſt 1560. den 22. Jan. zu London gebohren, und ward 1618. Großkanzler. Bald aber, 1621. ward er wegen einiger Beſchuldigungen, als daß er die Gerechtigkeit um Geld ſollte verkaufet haben, welches er auch nicht ganz läugnete, abgeſetzt. Er lebte darauf von Geſchäfften entfernet, und ſtarb 1626. den 9ten April. Umſtändlich handelt von ihm Chaupeſie' in ſeinem Wörterbuche.

Zweyter Abſchnitt.

Entdeckungen den Regenbogen betreffend.

Um eben die Zeit, da die Naturkündiger ſich mit der Unterſuchung einfacher Linſengläſer beſchäfftigten, finden wir ſie auch mit der Erklärung einer andern optiſchen Erſcheinung bemühet, die aber die Kräfte dieſes Zeitalters weit überſtieg, nämlich die Urſache der Regenbogenfarben. Es war nicht möglich, daß ſie hiermit zu Stande kommen konnten, da ſie von der Natur der Farben überhaupt keine erträgliche Hypotheſe hatten.

Maurolycus giebt den Halbmesser des Bogens an, aber unrichtig.

Was die Alten und die Gelehrten der mittlern Zeiten über den Regenbogen geschrieben haben, ist bereits angeführet. Ihre Beobachtungen konnte der ungelehrteste Landmann eben so gut machen. Ihre Erklärungen habe ich nur zur Belustigung, nicht zur Belehrung, dem Leser vorgeleget. Lange währte es noch, selbst nach der Dämmerung der wahren Naturforschung in dem westlichen Europa, bis man etwas von Wichtigkeit hierüber entdeckte. Maurolycus rühmet sich, der erste zu seyn, der die Durchmesser der Bogen mit gehöriger Genauigkeit gemessen habe. Dem innern Bogen giebt er 45 Grade zum Halbmesser, dem äußern 56 G. Descartes nimmt daher Gelegenheit zu bemerken, wie wenig man sich auf die Beobachtungen derer verlassen dürfe, welche die Ursachen der Erscheinungen nicht kennen [a]).

Einfall des Clichtoväus.

Ein gewisser Clichtoväus (vermuthlich derselbe, der sich als einen Gegner Luthers bekannt gemachet hat, und der 1543 gestorben ist [b]) behauptete, daß der zweyte Regenbogen ein Bild des ersten sey, weil die Farben in umgekehrter Ordnung sich an ihm zeigen, so wie im Wasser sich die Bilder der Gegenstände am Ufer umgekehrt darstellen. Aber Gilbert, der über den Magnet geschrieben hat, und dessen Entdeckungen in der Electricität ich in meiner Geschichte derselben angeführet habe, ist mit dieser Erklärung sehr übel zufrieden. Er begegnet ihrem Urheber mit vieler Strenge, nennt seinen Einfall albern, und eines Aristotelischen spitzfindigen Kopfes würdig und machet ihm den Einwurf, daß nach seinen Grundsätzen die Figur des äußern Bogens so wie die Farben umgekehret seyn, und die erhabene Seite also unterwärts liegen müßte [c]). Wiewohl Gilberts eigenes Buch selbst voll scholastischen Witzes, und nichtswürdiger Distinctionen und Definitionen ist, so ist doch dies nicht sowohl sein, als vielmehr der seinen Zeiten eigene Fehler, der ihm so gut wie seinem Gegner anhieng. Von Gilberts Meynungen in der Optik verdienet keine angeführet zu werden.

Daß der Regenbogen der Sonne immer gegen über steht, ist von jeher angemerket worden. Daher war der Schluß natürlich, daß die Farben durch eine Art der Zurückstrahlung von den Regentropfen oder den Dünsten verursachet werden müssen. Die regelmäßige Erscheinung der Farben war noch ein Umstand, den niemand

a) Dioptrica p. 214. (Edit. Francof. a. 1642. p. 183.)

b) Iosse Clicthove oder Iodocus Clicthoveus war, nach dem Moreri, ein Doctor der Sorbonne und Decanus des Andreasstiftes zu Chartres, gebürtig aus Nieuport in Flandern. Er ist 1543. gestorben. Moreri rühmt ihn als einen der gründlichsten Polemiker seiner Zeit, führt auch seine Schrift gegen Luthern an. Er mag ein spitzfindiger Aristoteliker gewesen seyn. Denn er ist ohne Zweifel der Verfasser eines mir in die Hände gefallenen Buches, das Moreri nicht anführt, und welches den Titel hat: philosophiae naturalis paraphrasis, Paris. 1501 fol. In der Zuschrift an Stephanus de Ponthier, studii Parisiensis Cancellarium, nennt sich der Verfasser Iudocus Clichtoveus; Neoportuensis. Dieses Werk enthält Auslegungen über physikalische Schriften vom Aristoteles. Auf dem 272 Bl. findet sich die Meynung, welche ihm Gilbert so derb verweist. K.

c) Physiologia (de magnete) p. 273.

Niemand unbemerket laſſen konnte. Nun hatte man zwar ſonſt nie am zurückgeworfenen lichte Farben beobachtet, wohl aber am gebrochenen; allein doch ſcheint Niemand darauf gefallen zu ſeyn, die Strahlenbrechung auf eine ſchickliche Art hier zu Hülfe zu nehmen, bis daß Fleiſcher von Breslau, in einer 1571 herausgekommenen Schrift die Regenbogenfarben durch eine zweyfache Brechung und eine Zurückwerfung der Strahlen zu erklären verſuchte. Aber er glaubte, daß ein Lichtſtrahl in einem Tropfen zweymal beym Eingange und Ausgange gebrochen, und darauf von einem andern Tropfen zurückgeworfen werde, ehe er ins Auge komme. An die Zurückwerfung auf der Hinterſeite des Tropfens ſcheint er nicht gedacht zu haben; oder doch ſich eingebildet, daß alle Beugungen des Strahls innerhalb deſſelben Tropfens ihn nicht ſtark genug bis zum Auge des Zuſchauers umlenken könnten. Zwey Brechungen mußte er annehmen, weil er den Strahl in den Tropfen fahren ließ. Dieſes war alles, was er zur Erläuterung der Sache beygebracht hat. Denn Porta nahm, wie wir geſehen haben, an: daß der Regenbogen zwar durch die Brechung der Strahlen, aber nicht in den einzelnen Tropfen, ſondern in der ganzen Maſſe des Regens oder der Dünſte entſtünde.

Fleiſchers von Breßlau Entdeckung.

Nach ſo manchen vergeblichen Bemühungen war es einem Manne, den kein Schriftſteller unter die Naturkündiger ſetzet, vorbehalten, die richtige Erklärung von dem Wege der Strahlen zu geben. Dieſer war **Antonius de Dominis**, Biſchof zu Spalatro, deſſen Abhandlung, de radiis viſus et lucis, 1611. von J. Bartolus herausgegeben iſt. Er iſt der erſte, der da behauptete, daß die doppelte Brechung nach Fleiſchern, mit einer dazwiſchen vorgehenden Zurückwerfung hinlänglich ſey, ſowohl die Farben zu erzeugen, als auch die Strahlen ins Auge zu bringen, ohne daß weiter eine Zurückwerfung nöthig iſt. Er beſchreibt ganz deutlich den Gang des Strahles, wie er erſtlich oberwärts in den Tropfen fährt, daſelbſt nach der Hinterſeite inwendig hin gebrochen, von da nach unten hin zurückgeworfen, und endlich hier beym Ausfahren aufs neue dergeſtalt gebrochen wird, daß er gerades Weges ins Auge kömmt. Dieſe Vorausſetzung zu beweiſen, verfuhr er (ſo wenig als er auch Naturforſcher war) auf eine ſehr vernünftige und naturforſchermäßige Manier. Er hieng eine kleine ſolide Glaskugel gegen die Sonne und ſein Auge in einer ſolchen Lage auf, wie ſie nach ſeiner Vorausſetzung die Regentropfen gegen die Sonnenſtrahlen und das Auge hatten; worauf er an ihr eben die Farben und in derſelben Ordnung, wie an dem Regenbogen ſelbſt, wahrnahm [d]).

Genauere Erklärung des Antonius de Dominis.

d) Woher Montücla, dem ich dieſen Umſtand nacherzähle, die Nachricht von dem Verſuche, den de Dominis angeſtellet haben ſoll, hergenommen habe, kann ich nicht ſagen. In ſeinem Buche habe ich nichts davon finden können, ob ich es gleich ziemlich ſorgfältig durchgeſehen habe. Deswegen bin ich geneigt, zu glauben, daß Montücla ihm zu viel beylege, und daß Descartes der erſte ſey, der die Theorie des Regenbogens durch den Verſuch mit der Glaskugel beſtätiget hat. (Davor wird Montücla ſich wohl in Acht genommen haben. Er iſt auf Newton böſe, daß er dem de Dominis mehr zuſchreibt, als ihm gehört. Newton erwähnet des gedachten Verſuches auch, und ſchreibt ihn dem Biſchofe, nicht dem Descartes zu. Das hätte M. gewiß gerügt, wenn er von ſeinem Landsmanne zuerſt gemacht wäre. K.)

Man wußte nunmehr ganz deutlich, unter welchen Umständen die Farben hervorgebracht würden, und wie die Lichtstrahlen durch den Wassertropfen ihren Weg nähmen. Aber wenn man erklären sollte, warum eben die Farben und in der Ordnung sich zeigen, wie man sie am Regenbogen sieht, so stand man stille. Bloß die Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, deren Entdeckung dem großen Newton vorbehalten war, konnte diese Schwierigkeit heben. De Dominis nahm an, daß diejenigen Strahlen roth wären, welche innerhalb des Tropfens den kleinsten Weg zurück legten, also von ihrer eigenthümlichen Stärke am wenigsten verlören und das Auge folglich stärker rührten. Hingegen sollte die grüne und blaue Farbe von solchen Strahlen erzeuget werden, die bey dem Durchgange durch eine größere Masse Wasser mehr geschwächet worden wären. Die übrigen Farben sollen nach der damals herrschenden Meynung eine Mischung von diesen drey Hauptfarben seyn [e]). Daß die Verschiedenheit der Farben von einer Verschiedenheit in der Stärke des Stoßes, womit das Auge vom Lichte getroffen wird, herrühre, hatten schon manche behauptet, die es gewagt hatten, den Aristoteles zu verlassen [f]).

De Dominis bemerkte noch weiter, daß alle gleichfarbichte Strahlen aus den Tropfen an einer Stelle herausfahren müssen, die in jedem auf eine ähnliche Art gegen das Auge liegt, damit jede Farbe in einem Kreise erscheinen könne, dessen Mittelpunkt in der Linie von der Sonne durch das Auge des Zuschauers ist. Die rothen Strahlen müssen, saget er, aus dem Tropfen zu unterst ausfahren, damit der rothe Kreis der äußerste und der höchste seyn möge [g]).

Irrthümer des de Dominis.

Man darf sich nicht wundern, daß ein so früher Schriftsteller, wie de Dominis, manchen Irrthum in Absicht auf das Licht und Sehen begangen hat. Dergleichen ist der Satz, daß es zweyerley Farben, wahre und anscheinende gebe, daß Farben aus einer Mischung des Schattens und Lichtes entstehen. Wie Porta, setzet er den Sitz des Sehens in die Krystalllinse, und nimmt keine Brechung innerhalb des Auges an [h]). Wiewohl er der Meynung, daß das Sehen durch etwas von außenher bewirket werde, beypflichtet: so glaubet er doch, alle Erscheinungen ließen sich mit der Platonischen Lehre von ausfahrenden Sehestrahlen ebenfalls reimen. Da er den Feuchtigkeiten im Auge keine brechende Kraft zugesteht, so ist es kein Wunder, daß er die Ursache der Gesichtsfehler, und die Art, wie ihnen durch Gläser geholfen wird, zu erklären nicht im Stande ist. Er glaubet mit Porta, daß bey Weitsichtigen die Krystalllinse zu trocken und hart, bey Kurzsichtigen hingegen zu feucht und weich sey [i]).

So gut auch de Dominis die Entstehungsart des innern Regenbogens erklärte, so fehlte er doch noch sehr bey dem äußern. Diesen wollte er eben so wie den innern sich bilden lassen, nämlich durch eine Zurückstrahlung innerhalb des Tropfens,

e) Montucla vol. 1. p. 630.
f) Saverien histoire. p. 252.
g) Montucla, vol. I. p. 631.
h) de Radiis, p. 6.
i) ibid. p. 16. 18.

pfens, und zwey Brechungen, eine zuvor, die andere nachher; nur mit dem Unterſchiede, daß die Strahlen, welche zu dem obern Bogen gehören, von einer niedrigern Stelle jedes Tropfens herkämen, als diejenige iſt, davon die rothen Strahlen des innern ausfahren. Ferner meynte er, die Strahlen, welche den einen Bogen bilden, kämen von dem obern Rande der Sonne, und die, welche den andern hervorbringen, von dem untern Rande der Sonne. Er bedachte nicht, daß auf dieſe Art die beyden Bogen ſich einander berühren oder vielmehr, daß unendlich viele Bogen entſtehen müßten, welches wegen der Vermiſchung ihrer Farben ſo gut als gar kein Bogen ſeyn würde. Montücla wendet ferner ein, daß auf dieſe Art die Ordnung der Farben nicht entgegengeſetzt ſeyn würde. Aber de Dominis hat ſchon dieſem Einwurfe zu begegnen geſuchet, indem er durch eine Zeichnung zeiget, daß unterhalb des Durchmeſſers *k*) des Tropfens, die Strahlen, welche von dem untern Theile ins Auge kommen, den kürzeſten Weg durchs Waſſer zu gehen haben; daß es aber völlig umgekehrt überhalb des Durchmeſſers ſey *l*).

Zuſätze des Ueberſetzers.

Maurolycus ſaget in ſeiner Schrift de lumine et vmbra, p. 57. daß die Sonnenſtrahlen unter einem Winkel von 45. Graden von der Wolke nach dem Auge zu geworfen werden; beruft ſich auch auf ſeine Erfahrung. Er nimmt ſchon einzelne Tropfen an, welche die Strahlen ins Auge ſenden ſollen. Das wunderbarſte in ſeiner Erklärung iſt, daß er den Strahl ohne Brechung in den Tropfen fahren, und darinne ſiebenmal von der innern Fläche des Tropfens unter demſelben Winkel, von 45. Gr. abprellen, und darauf, wieder ohne Brechung, ins Auge kommen läßt. Er meynet, die Strahlen werden durch dieſe wiederholte Zurückwerfung geſtärkt und mit Farben getränkt. Die Farben ſollen daher rühren, daß auf einige Stellen der Wolken mehr Licht falle, als auf die andern. Wo am meiſten Licht hinfalle, erſcheine die rothe, wo weniger Licht und deſto mehr Waſſer beygemiſchet ſey, da entſtehe die grüne Farbe. Die Himmelblaue und purpurne Farbe erkläret er auf eine noch etwas andere Art; ſetzet zwiſchen dieſe Farben noch drey andere, des Ueberganges wegen, und bringt auf dieſe Art ſieben Farben heraus. Er ſaget, man könne den Regenbogen ſehr wohl ſiebenfärbicht (ſepticolor) nennen. Seine Vorgänger haben, wie mich dünket, die Farben nicht ſo gut beſtimmt. Er unterſcheidet ſie ſo, wie Newton die prismatiſchen Farben. In der Folge (p. 69.) giebt er zu, daß die Höhe des Regenbogens bey untergehender Sonne etwas kleiner als 45 Gr. gefunden werde. Er wiſſe nicht, wie das zugehe, ſaget er.

k) Was dies für ein Durchmeſſer ſey, kann ich in Ermangelung der Schrift vom de Dominis nicht ſagen. Ü.

l) de radiis, p. 63. Montucla, vol. I. p. 631.

Weil er aber doch ſeinen angenommenen Winkel nicht aufgeben will, ſo denket er, daß die von der wahren Kugelgeſtalt abweichenden Tropfen daran Schuld ſeyn möchten. Den äußern Regenbogen läßt er auf eine ähnliche Art, wie den innern, entſtehen, nur daß er ſtatt eines Winkels von 45 Gr. einen von 56½ nimmt. Die Urſache iſt zu willkührlich, als daß ſie verdiente, erzählet zu werden.

Es wird einem recht wohl, wenn man, nachdem man, wie ein Wanderer in der Nacht, den Kopf ſich an ſo viele verwirrte Erklärungen zerſtoßen hat, endlich die erſten Strahlen der Morgenröthe erblicket. Auch hier hat ein Deutſcher den erſten Schritt zur Wahrheit gethan, ihren erſten Schimmer gefaßt, und Ausländer haben ſeinen Gedanken ausgebildet. Johann Fleiſcher, (Montücla, und nach ihm Prieſtley, verdreht den Namen in Fletcher, als wenn es ein Koſackiſcher Name wäre) verdienet gewiß das Lob, den Grund zu der wahren Erklärung des Regenbogens geleget zu haben. Er ſahe die Wahrheit freylich nur halb, das iſt wahr. Es iſt aber zu bewundern, daß er ſie noch halb geſehen hat. Denn in ſeinen Zeiten mußte man durch das viele Geſchwätz über den Regenbogen ſo verwirrt werden, daß man zum eigenen Nachdenken alle Kraft verlor. Dieſer Fleiſcher iſt zu Breslau 1540. gebohren. Er war Doctor der Theologie und Prediger an der Eliſabethskirche zu Breslau, auch Ephorus der evangeliſchen Kirchen und Schulen daſelbſt. Er ſtarb 1583. Dies erzählet Scheibel, Prof. der Math. und der Phyſ. an dem Breslauer Gymnaſium, in einem Programm, de Iohannis Fleiſcheri Vratislauienſis in doctrinam de Iride meritis, Vratisl. 1762. Der vollſtändige Titel ſeines Buches iſt: de Iridibus doctrina Ariſtotelis et Vitellionis, certa methodo comprehenſa, explicata et tam neceſſariis demonſtrationibus, quam phyſicis et opticis cauſis aucta a *Iohanne Fleiſchero*. Vratislauienſe. Praemiſſa ſunt ſuccincto ordine ea Optica, quorum cognitio ad doctrinam cum iridum, tum aliorum *μετεώρων τῶν κατ' ἔμφασιν* eſt neceſſaria. Vitembergae excudebat Iohannes Crato. Anno 1571. 235 p. 8. Er hat das Buch als Schulmann zu Goldberg im Fürſtenthume Liegnitz geſchrieben, weil er erſt 1572. zum Prediger in ſeiner Vaterſtadt befördert iſt. Die Materie des Regenbogens, worauf die Lichtſtrahlen fallen, und die Farben erzeugen, iſt nach ihm ein thauichter Dunſt (vapor roridus) der ſich in Tropfen zu verdichten anfängt, aber noch kein Waſſer oder Regen iſt. p. 28. Er meynet, daß nicht allein der Strahl ſich in einem Tropfen zweymal brechen, und von einem andern Tropfen gerade nach dem Auge zu komme, p. 81, ſondern daß auch, nachdem er zurück geworfen worden, er noch in einem vorliegenden Tropfen wieder gebrochen werden möge. p. 86. Von der Urſache der Farben konnte er nichts richtiges angeben. Das war einem Newton vorbehalten. Er erkläret ſie daher, daß einige Strahlen mehr als andere in die thauichte Wolke dringen. Ueber die Größe des Bogens führet er die Erfahrung an, daß bey einer Höhe der Sonne von 13 Gr. 36 M. die Höhe des Bogens 28 Gr. 24 M. geweſen ſey, ſo wie die Höhe des Bogens beym Aufgange der Sonne 42 Gr. 30 M. gefunden worden. Daß jene beyden Höhen zuſammen 42 Gr. den Halbmeſſer des Bogens ausmachen, erkläret er ganz richtig. Doch hält er den Halbmeſſer des Bogens für

etwas

etwas veränderlich. Woher der zweyte Bogen aber entstehe, weis er nicht zu erklären, sondern nimmt seine Zuflucht zum Aristoteles und Vitellio. Was er darüber zu sagen versucht, ist sehr undeutlich. Er giebt hier auch keine so gute Zeichnung, wie über den innern Regenbogen.

Ein paar Worte muß ich noch zur Rettung des guten Bischofs von Spalatro sagen. Montücla spricht ihm gerade zu alles Genie ab. Er soll den Knoten, den man schon seit zweytausend Jahren vergebens aufzulösen gesuchet hatte, mehr von ohngefähr als durch die Stärke seines Nachdenkens entwickelt haben. Hr Priestley saget sogar, kein einziger Schriftsteller gestehe ihm das Geschick zum Naturforscher zu. Aber wenn auch kein einziger den de Dominis für einen guten Kopf erkennen will, so werde ich ihn doch dafür halten, bis ich den Mann antreffe, dem er seine Erfindung gestohlen hat. Was konnte man in der ersten Dämmerung der Optik mehr entdecken, als hier de Dominis gethan hat, dazu in dem finstersten Winkel dieser Wissenschaft? Was hat denn des Montücla sein Held, Descartes, mehr gethan, als daß er die eine Hälfte von des de Dominis Erfindung, verbessert, und etwa Berechnungen darüber gemachet hat? das ist schwer zu finden, nach welcher Weltgegend man gehen müsse, um die Wahrheit zu suchen. Weis man die Richtung des Weges, so läßt sich schon näher kommen.

Der völlige Titel des Buches, wie ihn Hr Scheibel anführet, ist: De radiis visus et lucis in vitris perspectiuis et Iride. Tractatus Marci Antonii de Dominis. Per Ioannem Bartolum in lucem editus. In quo inter alia ostenditur ratio Instrumenti cuiusdam ad clare videndum, quae sunt valde remota, excogitati. Superiorum licentia et priuilegio. Venetiis 1611. apud Thomam Baglionum. in 4. pagg. 78. Der Herausgeber saget, daß der Verfasser vor zwanzig Jahren, da derselbe erst zu Padua und hernach zu Brixen die Philosophie und Mathematik in den Jesuitergymnasien zu seinem Vergnügen gelehret, diese Abhandlung aufgesetzet und ihm mitgetheilet habe. Ich wünschte, daß es ausgemacht werden könnte, ob de Dominis etwas von Fleischers Entdeckung gewußt habe. Es wäre möglich, da sie zwanzig Jahr älter ist, als die verbesserte vom de Dominis.

Dieser Prälat hat ziemlich wunderbare Schicksale gehabt. Aus Furcht vor der Inquisition, bey der er sich verdächtig gemacht hatte, flohe er 1617. nach England, schrieb daselbst gegen die katholische Religion, ward Dechant zu Windsor, verließ aber wiederum 1622. England, und gieng nach Rom zurück, wo er aufs neue in Verdacht kam, gefangen gesetzt ward, und zum Glück 1625. im 64. Jahre starb. Außer seiner optischen Schrift hat man noch ein großes Werk, de republica ecclesiastica, von ihm.

Dritter Abschnitt.

Von der Erfindung der Teleskope und Mikroskope, und ihren ersten Verbesserungen.

Der gegenwärtige Zeitpunkt meiner Geschichte ist es, darinn die Optik dem menschlichen Geschlechte auf eine Art nützlich zu werden anfieng, welche der Theorie nach, die Kräfte dieser Wissenschaft zu übersteigen hätte scheinen müssen. Denn wer hätte sichs wohl einfallen lassen, es würde eben die Brechung des Lichts im Glase, oder andern durchsichtigen Substanzen, eben die Kraft, wodurch ein gerader Stab, im Wasser gehalten, gebrochen erscheint, wodurch der Anschein der Dinge so vielfältig verändert, und so mancher Gesichtsbetrug veranlasset wird, einmal so genutzet werden: daß die Gränzen unsers Gesichts dadurch erweitert, und wir in den Stand gesetzet werden sollten, Dinge, die für unsere Sehewerkzeuge in ihrem natürlichen Zustande viel zu entlegen, oder viel zu klein sind, deutlich zu erkennen. Inzwischen hängt doch von dieser Ursache die Wirkung des Teleskops ab, dieses Werkzeuges, das uns nicht allein entfernte Gegenstände deutlich darstellet, ohne daß wir nöthig haben, uns zu ihnen hin zu bemühen, sondern das auch unsern Blick stärket, um bis an die äußersten Grenzen unsers Sonnensystems und noch weit darüber hin zu reichen.

Durch die Anwendung eben dieser Naturkräfte entstand auch das Mikroskop, welches uns die nicht geringern Wunder der Schöpfung im Kleinen, in dem erstaunenswürdigen Baue der Thiere und Pflanzen, und in dem kunstreichen Gewebe ihrer Bestandtheile, kennen lehret. Ganz außerordentlich haben diese Werkzeuge die Gränzen der menschlichen Kenntnisse erweitert, und neue, unerschöpfliche Quellen des Unterrichtes und Vergnügens eröffnet. Keinem, der sie besitzt, und, wie jeder denkende Kopf es muß, an der Natur Geschmack findet, kann es an dem lehrreichsten Zeitvertreibe fehlen.

Der menschliche Verstand darf inzwischen wegen dieser ansehnlichen Vermehrung unserer Geräthschaft, sowohl zur Erweiterung unserer Kenntnisse, als zum feinern Gebrauche des Lebens, sich nicht sonderlich rühmen. Denn die Erfindung, woferne man sie so nennen darf, war so zufällig und unerwartet, als sie ihrer Beschaffenheit nach außerordentlich ist. Ein lehrreiches Beyspiel, welches die Geschichte allen Naturkündigern giebt, keine noch so gering scheinende Beobachtung zu verachten, und keine Kraft der Natur, ja selbst kein einzelnes Ereigniß zu vernachläßigen; wenn es auch noch so unbedeutend und unbrauchbar vorkommen sollte. Jede neue Begebenheit, jede neue Eigenschaft irgend eines natürlichen Dinges muß sorgfältig untersuchet, und als ein Schatz von unbekanntem Werthe aufgehoben werden: bis die Zeit und die Entdeckung anderer verwandter Naturkräfte dessen Kostbarkeit an den Tag bringen wird.

Da Teleſkope eine Sache von ſo großer Wichtigkeit ſind, ſo hat man ſich ſehr bemühet, den erſten Erfinder zu erfahren. So gewiß auch die Entdeckung ein Werk des Zufalles iſt, und ſo ſpät man erſt hinter die Erklärung der Wirkung gekommen iſt, ſo finden wir doch verſchiedene, welche auf dieſe kleine Ehre Anſpruch machen. Descartes giebt einen, Namens Jacob Metius, aus Alkmar, als den erſten Verfertiger der Teleſkope an. Dieſer Mann war ein Ungelehrter, obgleich ſein Vater und Bruder Mathematikverſtändige waren. Sein größtes Vergnügen war, Brennſpiegel und Brenngläſer zu machen. Da er alſo vielerley Gläſer bey der Hand hatte, ſo kam er einſt auf den Einfall, zwey hinter einander zu ſtellen, um dadurch zu ſehen. Von ohngefähr hatte er ein erhabenes und ein hohles genommen, auch ſie ſo glücklich zuſammengeordnet, daß daraus das erſte Teleſkop entſtand. So erzählets Descartes [a]). Anſprüche des Metius.

Andere ſagen, daß Johann Lippersheim [b]), ein Brillenmacher zu Middelburg, oder vielmehr ſeine Kinder, dieſe große Entdeckung gemachet haben. Wie Metius ſollen ſie ſich damit beluſtiget haben, daß ſie zwey Gläſer in verſchiedenen Entfernungen von einander ſtelleten, und durch beyde zugleich gucketen. und J. Lippersheim.

Aber Borellus, der Verfaſſer einer Schrift, de vero teleſcopii inventore [c]), eignet dieſe Ehre dem Zacharias Joannides, das iſt, Janſen, gleichfalls einem Brillenmacher in Middelburg zu, der das erſte Teleſkop im J. 1590 verfertiget hat; und es ſcheint die Erzählung des Borellus als die wahrſcheinlichſte jetzt faſt von allen angenommen zu werden. Sie iſt auch wirklich ſo umſtändlich und ſo gut bewieſen, daß man ſie nicht wohl in Zweifel ziehen kann. Zacharias Janſen, Erfinder des Teleſkops.

Es iſt nicht wahr, ſaget Borellus, daß dieſe wichtige Entdeckung von einem der Natur unkundigen Manne gemachet ſey. Denn Zacharias Janſen ſtudirte ſie fleißig, und eben in dem Laufe ſeiner Nachforſchungen, da er verſuchete, was man durch Linſengläſer für Wirkungen erhalten möchte, traf er glücklicherweiſe die Zuſammenſetzung des Fernrohrs.

Sobald

a) Dioptrica, p. 41. Der jüngere Metius war Profeſſor der Mathematik zu Franecker. Der Vater war Geometer in Dienſten der Generalſtaaten, der die bekannte Verhältniß des Durchmeſſers zum Umfange eines Kreiſes, 113 zu 355 angegeben hat. S. Geometria practica. Authore Adriano Metio Alcmariano Math. Prof. ord. Franekerae, 1625. 4to, auf der 89. S. K.

b) Hugens in ſeiner Dioptrik, p. 136. ſaget, er wiſſe gewiß, daß ſchon vor Metius, um 1609 in Middelburg ein Künſtler, es möchte Joh. Lippersheim, den Sturus angebe, oder Zacharias ſeyn, dem Borellus die Erfindung zuſchriebe, Teleſkope gemachet habe. Vom Porta glaubet er, daß er ſchon etwas von Teleſkopen gewußt habe, weil er in ſeinen Schriften von ſpecillis, wodurch man entfernte Dinge dem Geſichte nähern könnte, und von der Verbindung erhabener und Hohlgläſer rede. Er müſſe aber nicht weit gekommen ſeyn, weil man in ſo langer Zeit weiter nichts davon gehört, auch Porta am Himmel keine Wahrnehmungen angeſtellet habe. Es habe ihm auch ganz an den Grundſätzen gemangelt, die Teleſkope durchs Nachdenken heraus zu bringen. K.

c) Iſt im Haag, 1655 in 4. herausgekommen. K.

Sobald dieſer ſinnreiche Mechanicus, oder vielmehr Naturforſcher, die geſuchte Stellung der Gläſer erhalten hatte, faßte er ſie in eine Röhre, und lief damit zum Prinzen Moritz, der ſogleich bedachte, daß dieſes Werkzeug im Kriege nützlich ſeyn könnte, und den Erfinder bat, es geheim zu halten. Aber lange konnte es nicht geheim bleiben. Denn es legeten ſich ſehr bald verſchiedene Perſonen auf die Verfertigung der Fernröhre, und brachten ſie unter die Leute. Einer der vornehmſten von dieſen war **Hans Laprey**, den Syrturus **Lipperoheim** nennt. Weil einige in Holland ſehr frühe von ihm Fernröhre bekamen, ſo ward er von manchen für den Erfinder derſelben gehalten. Aber ſowohl der oben gedachte Metius, als auch Cornelius Drebel von Alkmar, wandten ſich 1620 an den Erfinder ſelbſt: desgleichen Galileus und andere mehr [d]). Das erſte Teleſkop von Janſen war nicht über 15 bis 16 Zoll lang. Aber Syrturus, der es geſehen und gebrauchet zu haben erzählet, hält es für eins der beſten, das er je verſuchet hätte [e]).

Janſen macht Beobachtungen am Himmel.

Janſen, der einen nachdenkenden Kopf beſaß, machete gleich von ſeinem Werkzeuge den Gebrauch, den er, wie er die Zuſammenſetzung davon entdeckte, ſchon im Sinne gehabt hatte. Er richtete es gegen den Himmel, worauf er ganz deutlich die Flecken auf dem Monde erkannte, auch viel neue Sterne, beſonders ſieben ſehr beträchtliche im großen Bären, entdeckete. Sein Sohn, **Johann Zacharia**, bemerkete den hellen Kreis nahe am Rande des Mondes, von dem mehrere helle Streifen in verſchiedenen Richtungen auslaufen. Auch ſehe, ſaget er, der Vollmond, durch dieſes Fernrohr betrachtet, nicht flach, ſondern ganz deutlich kugelförmig aus, indem der mittlere Theil hervorrage [f]). Jupiter, bemerket er ferner, ſehe dadurch auch kugelrund aus; und ſey bisweilen von zwey oder drey, mehrentheils aber von vier kleinen Sternen begleitet, die ein wenig oben oder unter ihm erſcheinen, und, ſoviel er wahrnehmen könnte, um ihn herumliefen. Dieſes wolle er aber den Aſtronomen auszumachen überlaſſen [g]). Ohne Zweifel iſt dieſes die erſte Beobachtung der Jupiters-Trabanten, obgleich der Beobachter die Wichtigkeit ſeiner Wahrnehmung nicht einſah.

Anſprüche des Fontana.

Ein Italiener, Namens **Franciſcus Fontana**, machet auch auf die Ehre der Erfindung Anſpruch.[h]) Weil er aber ſelbſt eingeſteht, ſie nicht vor dem Jahre 1608. gemachet zu haben, um welche Zeit ſchon längſt in Holland Teleſkope gefertiget und verkaufet wurden, ſo kommen ſeine Anforderungen nicht in Betrachtung.

und des Diggs.

Ein Engländer, **Diggs**, ſoll auch auf die Erfindung des Teleſkops gekommen ſeyn. Sein Sohn, der einige Werke ſeines Vaters nach deſſen Tode herausgegeben hat, bezeuget es, der Angabe des Dr. **Hooke** zu folge. Da aber Dr. Hooke anführet, daß Porta dieſelbe Entdeckung gemachet hätte, ſo iſt hierbey wahrſcheinlich

d) de vero teleſcopii inuentore, p. 37.
e) Ibid. p. 24. 30.
f) Ibid. p. 39.
g) Ibid. p. 40.
h) Montucla ſaget, (hiſt. vol. II. p. 171.) daß Fontana Anſpruch auf die Erfindung des aſtronomiſchen Fernrohres, alſo nicht des Fernrohres überhaupt, mache. Des Fontana Schrift iſt 1646. zu Neapel in 4. herausgekommen, und führet den Titel, nouae terreſtrium et coeleſtium obſeruationes. A.

ſcheinlich ein Irrthum vorgegangen, und es iſt das, was Diggs gemachet hat, kein Teleſkop geweſen *i*).

Einige geben den Galileus für den Erfinder der Teleſkope aus. Aber er ſelbſt geſteht ein, daß er die erſte Nachricht davon durch einen Deutſchen bekommen habe *k*). Zuerſt, ſaget er in dem Nuncius Sidereus, habe er von der Erfindung durchs Gerücht gehöret, nach wenigen Tagen ſey er durch ſchriftliche Nachricht von einem franzöſiſchen Edelmanne, Jakob Badovere, davon vergewiſſert worden, worauf er ſich ſelbſt mit allen Kräften daran gemachet, der Erfindung nachzuſpüren und ſie auch bald darauf durch Hülfe der Lehre von der Strahlenbrechung herausgebracht habe *l*). Verhält ſich dies alſo, ſo hat er wirklich mehr Verdienſt als der Erfinder ſelbſt. Aber Montücla ziehet hier die Aufrichtigkeit dieſes großen Mannes in Zweifel, beſonders weil er vorgiebt, daß ihm nicht einmal die Form der Gläſer, deren ſich die holländiſchen Künſtler bedieneten, bekannt geweſen ſey, ſondern daß er durch Schlüſſe gefunden habe, es ſey hierzu ſowohl ein Convex- als Concav-Glas nothwendig *m*). Denn dies verhält ſich anders. Mir aber iſt es wahrſcheinlich, daß Galileus, ehe er ein Teleſkop von Janſen bekommen, eine unvollkommene Nachricht von dem Werkzeuge mag erhalten haben, und das vielleicht von jemanden, der dadurch geſehen hatte, ohne etwas von der Zuſammenſetzung zu wiſſen. Die bloße Gewißheit, daß ein ſolches Werkzeug, wie ein Teleſkop, möglich wäre, konnte ſehr wohl einen Mann von ſo großem Geiſte und ſolcher Wißbegierde, wie Galileus, antreiben, Verſuche zu machen, wodurch er auch wirklich hinter die Sache gekommen ſeyn mag; wenn er auch keine vollkommene Erklärung aus optiſchen Gründen davon geben konnte, ja vielleicht in einem und dem andern Stücke die Wahrheit verfehlete. Ich möchte nicht gerne anders, als auf die kläreſten Erweisgründe, die Aufrichtigkeit eines ſo verehrungswürdigen Mannes, wie Galileus iſt, in Zweifel ziehen.

Galileus hat das Ferurohr nicht erfunden.

Die genauern Umſtände von des Galileus Verfahren in dieſer Sache findet man in der Lebensbeſchreibung, vor der Venetianiſchen Ausgabe ſeiner Werke von 1744. in Quart, ſo gut aus einander geſetzt, daß ein Auszug davon, dem ich noch einige aus andern Quellen geſammelte Nachrichten beyfügen will, dem Leſer nicht anders als angenehm ſeyn kann.

Geſchichte der Galileaniſchen Entdeckungen.

Im April oder May des Jahres 1609. ward zu Venedig, wo Galileus damals Profeſſor der Mathematik zu Padua, eben gegenwärtig war, erzählet, daß ein Holländer dem Grafen Moritz von Naſſau ein gewiſſes optiſches Inſtrument überreicht hätte, wodurch man entfernte Gegenſtände, gleichſam als wenn ſie in der Nähe wären, erblickte. Umſtändlichere Nachricht hatte man damals nicht weiter, ob gleich zwanzig Jahre ſchon ſeit der Entdeckung vorbey waren *n*). Erſtaunet

i) Hooke's Experiment, by Derham, p. 258.

k) Saveriens hiſtoire, p. 247.

l) Nuncius ſidereus, p. 4.

m) In dem Nuncius ſidereus finde ich nichts davon. K.

n) Dieſe Zeit kömmt mir ziemlich lang vor. Johannes Janſen hat zwar gerichtlich ausgeſagt, wie Borellus anführet, daß ſein Vater Zacharias im J. 1590. das Teleſkop erfunden habe; die andern Zeugen aber

über dieſe Neuigkeit, kehrete Galileus ſogleich nach Padua zurück, und forſchete nach, was dieſes für ein Inſtrument ſeyn möchte. Die folgende Nacht errieth er die Zuſammenſetzung, machte den Tag darauf ſogleich das Werkzeug nach ſeinem vorläufigem Entwurfe fertig, und ſah auch, ungeachtet der Unvollkommenheit der Gläſer, die er damals zur Hand hatte, ſeine Erwartung erfüllet. Er gab ſeinen Freunden in Venedig ſogleich Nachricht davon. Sechs Tage nachher reiſete er ſelbſt dahin, und brachte ein anderes beſſeres Fernrohr mit, das er unterdeſſen gemacht hatte. Hier zeigete er von einigen erhabenen Orten den vornehmſten Rathsherren der Republik, zu ihrem größten Erſtaunen, eine Menge Gegenſtände, die dem bloßen Auge undeutlich waren, ganz deutlich. Wie er hierauf noch einige Verbeſſerungen an ſeinem Fernrohre gemacht hatte, ſo ſchenkte er, mit der ihm gewöhnlichen Großmuth und Offenherzigkeit in Mittheilung ſeiner Erfindungen, eines dem Doge, Leonardo Donati, und zugleich dem ganzen Rathe von Venedig, nebſt einer geſchriebenen Nachricht, worinne der Bau des Werkzeuges erklärt, und die mannichfaltige Nutzbarkeit deſſelben zu Waſſer und Lande gezeiget war. Zur Erkenntlichkeit für das edle Vergnügen, das er den Herren von Venedig gemachet hatte, erhöhete die Republik, den 25. Aug. deſſelben Jahres, ſeinen Gehalt, als Profeſſor, über das dreyfache.

Nachdem er ſich einige Zeit mit Betrachtung der Gegenſtände auf der Erde beluſtiget hatte, richtete er ſein Fernrohr nach den Himmel. Hier fand er auf dem Monde eben die Abwechſelung von Bergen und Thälern, wie auf der Erde. Er entdeckte, daß die Milchſtraße und die Nebelſterne aus einer Menge Sterne beſtünden, die wegen ihrer unermeßlichen Entfernung, oder auch wegen ihrer Kleinheit, dem bloßen Auge unſichtbar ſind. Es zeigte ſich ihm noch ein unzähliges Heer von Sternen über den ganzen Himmel umher, die alle den Alten unbekannt geweſen waren; und da er den Jupiter mit einem noch beſſern Fernrohre, als alle vorigen geweſen waren, betrachtete, ſo bemerkte er bey ihm vier Sterne, als Begleiter, die in gewiſſen beſtimmten Zeiten ihren Lauf um ihn vollendeten. Die nannte er, dem Mediceiſchen Hauſe zu Ehren, die **Mediceiſchen Planeten**, (medicea ſidera.)

Dieſe Entdeckung machte er im Januar 1610. verfolgte ſeine Wahrnehmungen während des Februars, und machte darauf im März alle ſeine Entdeckungen in einer kleinen zu Venedig gedruckten Schrift, Nuncius ſidereus, bekannt, die er dem Großherzoge von Toſcana, Cosmus Medices II, zueignete. Dieſer that ihm in einem Schreiben vom 10. Julius 1610. den Antrag, Padua zu verlaſſen, und die Stelle als erſter und außerordentlicher Profeſſor zu Piſa, mit einem anſehnlichen Gehalte anzunehmen, ohne daß er verbunden ſeyn ſollte, Vorleſungen zu halten oder daſelbſt zu wohnen o).

Die

aber ſetzen das Datum der Erfindung, welche ſie theils dem Janſen, theils dem Lapprey zueignen, bis gegen 1605. und 1610. hinaus. Der holländiſche Geſandte, deſſen Schreiben an ihn Borellus anführet, ſetzt die Erfindung des Fernrohres auch erſt ins J. 1610. ſpäter als die Erfindung des Mikroſkops. K.

o) Der Großherzog machte dem Galileus für die Entdeckung der mediceiſchen Planeten ein Geſchenk von mehr als tauſend Ducaten am Werthe, und gab ihm zum jährlichen Gehalt eine gleiche Summe. Aus einem Briefe des G. an Keplern, beym Hanſch. S. 95. K.

Die außerordentlichen Entdeckungen in dem Nuncius ſidereus, welcher alsbald ſowohl in Deutſchland als Frankreich nachgedruckt ward, verurſachten viele Bewegungen unter den damaligen Naturkündigern und Aſtronomen, welche zum Theil ſich von der Richtigkeit derſelben nicht überzeugen konnten. Einige gaben ſie für Erdichtungen oder Einbildungen aus; andere giengen ſo weit, daß ſie ſich nicht wollten überreden laſſen, durch ein Fernrohr zu ſehen. So ſehr waren ſie dem Ariſtoteles ergeben, und ſo abgeneigt, aus irgend einer Quelle, außer ſeinen Schriften Unterricht zu ſchöpfen *p*). Wie man die Wahrheit nicht läugnen konnte, ſo trugen einige kein Bedenken, zu behaupten, daß die Entdeckung aus dem Ariſtoteles genommen wäre. Zu dem Ende führeten ſie eine Stelle aus ihm an, worinne er zu erklären ſuchet, wie man am hellen Tage unten in einer tiefen Grube die Sterne ſehen könne, und ſagten, daß die Grube ſo viel wie die Röhre wäre, daß die aus ihr aufſteigenden Dünſte die Veranlaßung zu der Einſetzung der Gläſer gegeben hätten, und endlich, daß beyderſeits die Strahlen, indem ſie durch ein dichtes und dunkles Mittel führen, dem Geſichte empfindbarer würden. Galileus erzählet dies ſelbſt mit vieler Munterkeit, und vergleicht dieſe Leute mit den Alchymiſten, welche ſich einbilden, daß die Goldmacherkunſt den Alten bekannt geweſen ſey, aber unter den Fabeln der Dichter verſteckt liege *q*).

In dem Anfange des Julius deſſelben Jahres, 1610., erblickte Galileus, der damals noch zu Padua war, den Ring des Saturns, wiewohl noch ſehr undeutlich, ſo, daß er daher glaubte, dieſer Planet beſtehe aus drey Stücken, und ihn deswegen in der ſeinen Freunden ertheilten Nachricht, den dreytheilichten Planeten, (planetam tergeminum) nannte.

Noch zu Padua, entweder im Julius oder zu Anfange des Auguſts dieſes Jahres beobachtete er einige Flecken an der Sonne. Wider ſeine Gewohnheit fand er es nicht für gut, damals gleich ſeine Entdeckung bekannt zu machen, theils aus Furcht, ſich den Haß vieler hartnäckiger Paripatetiker noch mehr zuzuziehen; theils auch, um genauere Betrachtungen über dieſe merkwürdige Erſcheinung anzuſtellen, und die wahrſcheinliche Urſache derſelben zu erforſchen. Er begnügte ſich damit, daß er einigen ſeiner Freunde zu Padua und Venedig, worunter ich auch den Pater Paul finde, ſeine Wahrnehmungen mittheilte. Ueber dieſen Aufſchub machte ihm der berühmte Scheiner ſeine Entdeckung ſtreitig, als der im October 1611. ebenfalls die Sonnenflecken beobachtet, und wie ich glaube, ſeine Wahrnehmungen eher, als Galileus die ſeinige bekannt gemachet hatte *r*).

p) Vita del Galileo, p. 57 etc.

q) Opere del Galileo, vol. 4. p. 91. Man ſehe auch den Briefwechſel des Galileus mit Keplern, in der von Hanſch herausgegebenen Sammlung. B.)

r) Noch eher als Scheiner hat Johann Fabricius, aus Friesland, ſeine Beobachtung der Sonnenflecken bekannt gemachet, in einer Schrift von 5 Bogen, narratio de maculis in ſole obſervatis, Vitembergae, a. 1611. den 13 Junius. S. Weidleri hiſtor. Aſtron. p. 435. B.

Gegen das Ende des Auguſts verließ Galileus Padua, und gieng nach Florenz. Im folgenden November erkannte er zuverſichtlich, daß die Venus vom vorigen September an, beſtändig an Größe zugenommen hatte, und daß ihre Phaſen den Mondswandlungen gleich ſich änderten. Mit Ausgange des Merz 1611. gieng Galileus nach Rom, wo er den Kardinälen und dem vornehmſten Adel das Vergnügen machte, die von ihm entdeckten Wunder am Himmel und darunter die Sonnenflecken durch ſein Fernrohr betrachten zu laſſen.

Wegen dieſer Entdeckung bekam Galileus den Zunamen **Lynceus**, von dem wegen ſeines ſcharfen Geſichts berühmten Argonauten. Außerdem ſtiftete der Marcheſe **Monticelli** eine Akademie unter dem Namen De' Lincei, und machte ihn zum Mitgliede davon *s*). Neun und zwanzig Jahre genoß Galileus das Vergnügen, den Himmel durch ſein Fernrohr zu betrachten, und die Aſtronomen beſtändig mit ſeinen Wahrnehmungen zu bereichern. Aber durch gar zu große Anſtrengung und durch die Feuchtigkeit der Nachtluft wurden ſeine Augen immer ſchwächer, bis er im Jahre 1639. gänzlich blind ward. Er ertrug, wie es einem ſo großen Philoſophen anſtändig war, dieſes Unglück mit vieler Geduld und Gelaſſenheit, ohne die Munterkeit ſeines Geiſtes dadurch zu verlieren, oder ſich in ſeinen Unterſuchungen unterbrechen zu laſſen *ſſ*). Daß es ſo gar ſchmerzlich nicht fallen muß, blind zu werden, wie Galileus, der ſeine Augen zur Erweiterung der **Wiſſenſchaften** aufgeopfert zu haben ſich bewußt war, oder wie Milton, der den noch größern Troſt hatte, die ſeinigen bey Verfechtung der **öffentlichen Freyheit** verloren zu haben, wird jeder meiner Leſer leicht begreifen.

Das erſte Fernrohr, welches Galileus verfertigte, vergrößerte nur dreymal, aber bald darauf machete er eins, das achtmal vergrößerte; und darauf brachte er, wiewohl mit vieler Mühe und Unkoſten eines, das drey und dreyßig mal vergrößerte, zu Stande. Dies war dasjenige, damit er die Trabanten des Jupiters und die Sonnenflecken entdeckte *t*).

Keplers Verdienſte um die Teleſkope.

So ſehr auch Galileus ſich um die Teleſkope verdienet gemachet hat, ſo iſt es doch nicht durch die Erfindung, oder dadurch, daß er die Art der Wirkung dieſes Werkzeuges vollſtändig erkläret hätte. Dieſen wichtigen Dienſt leiſtete der Optik **Johann Kepler**, deſſen Name in der Geſchichte der Naturwiſſenſchaft ſo mannigfaltig berühmt iſt, und zwar beſonders wegen der Entdeckung des Geſetzes, nach welchem ſich die Himmelskörper bewegen, nämlich, daß die Quadrate der Umlaufszeiten ſich wie die Würfel der Entfernungen von dem Centralkörper verhalten; eine Thatſache, deren phyſikaliſchen Grund erſt Newton angab. Kepler war Aſtronom in Dienſten verſchiedener Kaiſer *u*), ein Gehülfe des berühmten Tycho Brahe und der Lehrer des Descartes, (und der Vorgänger Newtons).

Kepler

s) Vita del Galileo, p. 60.

ſſ) General biographical dictionary, vol. 5. p. 269.

t) Montucla, vol. 2. p. 168. (Nuncius ſidereus p. 3. K).

u) Rudolphs II. Matthias, und Ferdinands II. K.

Kepler machete verſchiedene Entdeckungen über die Beſchaffenheit des Sehens, und erklärete nicht allein die Art der Wirkung an denjenigen Teleſkopen, die damals im Gebrauche waren, ſondern gab auch Methoden an, noch andere von größerer Wirkung und mehrerer Bequemlichkeit im Gebrauche zu machen. Um dem Leſer einen deutlichen Begriff von dieſen großen Verbeſſerungen in der Optik zu geben, muß ich die Lehre von der Brechung des Lichts durch Mittel von verſchiedener Figur erklären, um welche ſich Kepler vorzüglich verdient gemachet hat *v*).

Brechung des Lichtes durch Kugelflächen.

Es ſey alſo D A, ein Lichtſtrahl, der auf ein dichtes erhabenes Mittel fällt, deſſen Mittelpunkt in E iſt. Die Linie E e iſt das Einfallsloth in A, der Strahl gehet von A nicht nach der geraden Linie D A t in dem dichtern Mittel fort, ſondern wird, nach dem Einfallslothe hin in die Linie A T gebrochen (doch ſo, daß D A ſowohl als A T, beyde in derſelben auf die krumme Ebene ſenkrechten Ebene durch E e ſind.) Die Strahlen, welche parallel mit jenem, in gleicher Entfernung von dem mit ihnen parallelen Halbmeſſer E C, wie in B, auffallen, werden nach demſelben Punkte T hin gebrochen, und nicht dieſe allein, ſondern auch die übrigen Parallelſtrahlen ſehr beynahe. (Die Entfernung C T iſt, wie Kepler gefunden hat, dreymal ſo groß als E C, für die Brechung aus Luft in Glas *w*).

fig. 10.

fig. 11.

Fallen die Strahlen innerhalb des dichtern Mittels auf die hohle Fläche, ſo werden ſie in dem dünnern Mittel nach einem Punkte T gebrochen. Denn der Strahl D A gehet von A aus nicht nach der geraden Linie D x fort, ſondern wird von dem Perpendikel E f nach A T gebrochen. So werden auch die Parallelſtrahlen, die in derſelben Entfernung von dem parallelen Halbmeſſer E C einfallen, mit allen übrigen parallelen Strahlen, nach demſelben Punkte hin gebrochen. (Es iſt für Licht und Glas C T = 2 C E, wie Kepler auch bemerket hat.)

fig. 12.

Hieraus begreift man, wie ein auf beyden Seiten erhabenes Glas die Parallelſtrahlen in einen Punkt auf der andern Seite vereiniget. Die Parallelſtrahlen, welche auf ein ſolches Glas zwiſchen A und B fallen, zielen nach der erſten Brechung von der Vorderfläche

v) Hr. Prieſtley glaubet, daß Maurolycus etwas in dieſer Lehre geleiſtet habe, und wünſchet, daß er deſſelben Schrift mit den Keplerischen hätte vergleichen können. Maurolycus aber ſo wenig als Porta, haben das geringſte von Wichtigkeit hierinn geleiſtet. Der erſtere hat über Brechung durch Linſengläſer ſo gut wie nichts geſaget; bloß über die Brechung durch Kugeln hat er einige ohngefähre Beſtimmungen herausgebracht. Das Porta ſeine Sätze enthalten nichts, was man nicht aus jeder mit freyer Hand entworfenen Zeichnung weit beſſer herausbringen könnte. Wenn man des Maurolycus, des Porta und Keplers optiſche Schriften gleich hinter einander lieſet, ſo wird der Sprung von jenen auf dieſe ſo ſichtbarlich groß, daß man ſich nicht einbilden kann, daß Kepler der nächſte Nachfolger dieſer beyden iſt. K.

w) Wenn man mit Keplern vorausſetzet, daß bey Einfallswinkeln unter 30 Gr. die Brechungswinkel jenen proportional ſind, und ſich am Glaſe zu ihnen verhalten, wie 2 zu 3, ſo iſt t A E zu T A E wie 3 zu 2, alſo t A T oder A T E zu T A E, wie 1: 2, und, weil ſich nun auch die Seiten des Dreyecks A T E, wie die gegenüber ſtehenden Winkel, beynahe verhalten, ſo iſt E A: E T = 1: 2, alſo iſt C T = 3 C E. Dies iſt Keplers Beweis, Dioptr. propoſ. 35. K.

derfläche nach einem Punkte T hin; durch die Brechung bey dem Ausgange in die Luft, werden ſie nach einem Punkte F näher beym Glaſe hin gebrochen, und dieſes um deſto mehr, da ſie ſchon im Glaſe convergirten.

fig. 13. Die Wirkung der Hohlgläſer begreiflich zu machen, ſey A B ein Kreisbogen auf der hohlen Oberfläche eines dichtern Mittels; beyder Mittelpunkt ſey E. Hier wird D A nach dem Einfallslothe E A zu gebrochen, gleichwie der in E auffallende, daß ſie alſo in dem dichtern Mittel aus einander fahren. Die übrigen Parallelſtrahlen fahren auch aus einander, als wenn ſie von einem Punkte T zuſammen herkämen. Bloß der ſenkrecht auffallende Strahl T C geht ungebrochen durch. (Es iſt C T — 3 C E, wenn die Strahlen aus der Luft in Glas gehen.)

fig. 14. Kommen die Parallelſtrahlen aus dem dichtern Mittel, ſo werden ſie, wenn ſie auf die erhabene Seite A B fallen, in dem dünnern Mittel aus einander fahren. Denn, wenn dieſe eine Kugelfläche iſt, deren Mittelpunkt E, ſo wird der Strahl D A von A E abwärts gebrochen, und alle übrige Strahlen desgleichen, als wenn ſie von einem Punkte T ausführen. (Gehen die Strahlen aus Glas in Luft, ſo iſt T C — 2 C E.)

fig. 15. Hat man alſo ein Hohlglas A B, ſo werden die Strahlen, welche auf die eine Seite parallel fallen, auf der andern auseinander fahren. Die Vorderfläche macht, daß ſie in dem Glaſe gleichſam als von einem Punkte T her aus einander fahren. Die Hinterfläche zerſtreuet ſie noch mehr, daß ſie von einem dem Glaſe nähern Punkte F herzukommen ſcheinen.

Kepler war der erſte, der aus dieſen Grundſätzen eine deutliche Erklärung der Wirkung der Linſengläſer gab, wie ſie die Strahlen ſammeln oder zerſtreuen. Er zeigte, daß ein Planconverglas die mit der Axe parallelen Strahlen, (welche auf die ebene Seite fallen) in der Entfernung des Durchmeſſers der erhabenen Seite hinter dem Glaſe vereinige [x]); und daß für ein auf beyden Seiten gleich erhabenes Glas der Vereinigungspunkt paralleler Strahlen in den Mittelpunkt der Vorderfläche falle [y]). Für Gläſer, deren Flächen ungleich erhaben ſind, hat er keine Regel, ihren Brennpunkt zu finden, gegeben, ſondern ſagt nur, daß er dem Glaſe näher als drey Halbmeſſer der Vorderfläche und auch näher als zwey Halbmeſſer der Hinterfläche liege [z]). Die Beſtimmung dieſes Punktes hat man dem Cavallerie [a]) zu danken. Er gab folgende Regel darüber an: **Wie ſich verhält die Summe der Durchmeſſer der beyden Flächen des Glaſes zu einem derſelben, ſo verhält ſich der andere zu der Brennweite**, oder der Entfernung des Vereinigungspunktes der Parallelſtrahlen vom Glaſe [b]). Bey Convergläſern liegt der Brennpunkt hinter dem Glaſe, und die Strahlen kommen wirklich in ihm zuſammen;

Regel für den Brennpunkt.

x) Kepleri Dioptr. prop. 35. A.
y) ibid. prop 39. A.
z) ibid. prop. 38. A.
a) Ein Jeſuite oder Hieronymiter-Mönch, der in der Geſchichte der höhern Geometrie merkwürdig iſt. Er iſt 1598 gebohren, war zu Bologna Profeſſor, und ſtarb daſelbſt 1647. A.
b) Montucla, vol. 2. p. 176.

men; bey Concavgläſern liegt er vor dem Glaſe, und die Strahlen fahren ſo auseinander, als wenn ſie von ihm herkämen.

Hieraus kann man leicht beurtheilen, wie ein Converglas die Richtung der Strahlen ändert, welche von einem Punkte in der Axe deſſelben herkommen. Weil auffallende Parallelſtrahlen in dem Brennpunkte zuſammen kommen, ſo werden die Strahlen, die von dem Brennpunkte her auffallen, parallel mit der Axe ausfahren. Kommen ſie von einem Punkte zwiſchen dem Brennpunkte und dem Glaſe, ſo werden ſie aus einander fahrend bleiben, aber nicht ſo ſtark wie vorher. Kommen ſie aber von einem Punkte, der weiter als der Brennpunkt vom Glaſe liegt, ſo wird ihr Vereinigungspunkt jenſeits des Brennpunktes auf der andern Seite vom Glaſe liegen. Kepler bemerkte noch insbeſondere, daß wenn die Strahlen von einem Punkte in der doppelten Entfernung des Brennpunktes vor dem Glaſe ausfahren, ſie in eben der Entfernung hinter dem Glaſe ſich vereinigen werden [c]). Spätere optiſche Schriftſteller haben die Sache genauer vorgenommen, und den Vereinigungspunkt für jede Entfernung des leuchtenden Punktes in der Axe vom Glaſe angegeben. Kepler aber war mit der Aſtronomie und andern Unterſuchungen zu ſehr beſchäfftiget, als daß er auf die Geometrie viel Fleiß wenden konnte [d]). Da es meine Abſicht nicht iſt, mich auf die Geſchichte der bloß geometriſchen Unterſuchungen in der Optik einzulaſſen, ſo will ich mich begnügen, aus Montucla folgende Regel den Vereinigungspunkt betreffend, anzuführen. Nämlich, **der Unterſchied der Entfernung des leuchtenden Punktes vom Glaſe und der Brennweite verhält ſich zur Brennweite, wie jene Entfernung zur Weite des Vereinigungspunktes hinter dem Glaſe.** Dieſer Vereinigungspunkt verwandelt ſich in einen Zerſtreuungspunkt vor dem Glaſe, wenn der leuchtende Punkt zwiſchen dem Brennpunkte und dem Glaſe liegt [e]).

Regel für den Vereinigungspunkt der Convergläſer.

Wer dieſe Sätze gut gefaſſet hat, wird die Wirkung der Teleſkope und Mikroſkope leicht begreifen können. Ich will mich bemühen; in dieſem Abſchnitte, von dieſen Werkzeugen einen allgemeinen, doch zu meiner Abſicht hinreichenden Begriff, zu geben.

Die

c) Der Satz iſt von jedem Converglaſe wahr: Kepler konnte ihn aber nur von dem auf beyden Seiten gleich erhabenen beweiſen. Dioptr. prop. 41. K.

d) Genauer vielleicht: Kepler hatte ſoviel in der Optik entdecket, daß er für ſie genug gethan zu haben glauben mochte. Oder war es ihm noch zu ſchwer, die völligern Formel der Dioptrik zu finden! Ich will es nicht ganz leugnen. Die Schritte des menſchlichen Verſtandes ſind langſam, beſonders ſind ſie es in Abſicht auf jene Formeln geweſen, die uns jetzt ſo leicht ſcheinen. Denn ich kann nicht finden, daß man vor Barrow die Regeln für die Vereinigungspunkte der Linſengläſer vollſtändig gewußt habe. K.

e) Montucla, vol. 2. p. 177. (Montucla iſt keine gute Autorität. Die Regel gilt nur für den Fall, wenn beyde Flächen erhaben ſind. Sind ſie beyde hohl, ſo muß man ſtatt des Unterſchiedes die Summe, und ſtatt eines Vereinigungspunktes einen Zerſtreuungspunkt vor dem Glaſe nehmen. Die übrigen Fälle, da eine Seite eben, oder eine hohl, die andere erhaben iſt, halte ich nicht für nöthig, hier durchzugehen. K.)

Erklärung der Teleſkopen überhaupt.

Die vornehmſten Wirkungen der Teleſkope hängen von folgenden einfachen Grundſätzen ab; nämlich, daß ein Gegenſtand ſo viel vergrößert erſcheint, als der Winkel, unter welchen man ihn ſieht, größer wird *f*); und daß es einerley iſt, ob die Strahlenkegel, wodurch ein Gegenſtand ſichtbar iſt, von ihm ſelbſt, oder von einem nähern Orte herkommen, wo die Strahlen jedes Kegels ſo vereiniget werden, daß ſie daſelbſt ein Bild des Gegenſtandes machen. Denn ſie gehen von dieſen Punkten, ob gleich kein wirklicher Gegenſtand da iſt, doch eben ſo aus, wie von den dazu gehörigen Punkten des Gegenſtandes.

Alles alſo, was ein Teleſkop leiſtet, iſt, daß es erſtlich durch ein Linſenglas oder einen Spiegel ein Bild des entfernten Gegenſtandes zuwege bringt; und daß es zweytens dem Auge behülflich iſt, dieſes Bild ſo nahe als möglich zu betrachten, damit der Geſichtswinkel in Vergleichung mit demjenigen, unter welchem der Gegenſtand dem bloßen Auge erſcheint, ſehr groß ſeyn möge. Dieſes leiſtet das Augenglas, welches die Strahlen jedes Kegels ſo bricht, daß ſie weiter durch die Feuchtigkeiten des Auges auf der Netzhaut in einen beſondern Punkt zuſammen kommen. Wäre ein Auge ſo gebildet, daß es ohne Hülfe eines Augenglaſes, in derſelben Entfernung vom Bilde, es ſo deutlich, wie ein anderes Auge, ſehen könnte, ſo würde es das Bild unter demſelben Winkel, und den Gegenſtand eben ſo ſehr vergrößert ſehen, ob gleich das Geſichtsfeld (campus viſionis) ihm nie ſo groß ausfallen wird, als dieſem.

Wenn man einen Gegenſtand oder das Bild eines Gegenſtandes zu betrachten, ſtatt eines Glaſes ein mit einem kleinen Loche durchbohrtes Papier oder dünnes Blech nimmt, und es hart ans Auge hält, ſo kann man das Auge der Sache oder dem Bilde ſehr nähern, und bey gleicher Entfernung wird die ſcheinbare Größe des Gegenſtandes in beyden Fällen einerley ſeyn. Denn iſt das Loch ſo klein, daß es nur einen einzigen Strahl von jedem beſondern Punkte der Sache durchläßt, ſo werden dieſe Strahlen auf ſo viele beſondere Punkte der Netzhaut fallen, und ein deutliches Bild machen *g*). Bloß die Strahlenkegel, darinne die äußern Strahlen einen merklichen Winkel mit einander machen, können, indem ſie ſich auf der Netzhaut ausbreiten, und mit einander vermiſchen, ein undeutliches Bild verurſachen. Weil aber durch ein ſehr enges Loch nur ſehr wenig Strahlen kommen können, ſo iſt ſelten Licht genug da, daß man dieſe Art mit Vortheil brauchen könnte *h*).

Woferne das Objectivglas kein wirkliches Bild vor dem Auge entwirft, ſo wird doch, wenn vermittelſt eines Augenglaſes die Strahlenkegel ſo gebrochen werden, als wenn ſie von einem Bilde irgendwo vor dem Auge herkämen, der Geſichtswinkel

f) Wenn man von der Größe der Sache keine Kenntniß hat, wie hier freylich der Fall iſt. A.

g) Smith's Opticks, vol. I. p. 37. der d. A. S. 34.

h) Dr. Francklin hat mir erzählet, ſein Auge ſey ſo beſchaffen, daß er ſich mancher Objectivgläſer ohne ein Augenglas zu Hülfe zu nehmen, ſehr bequem bedienen könne; daß er alſo, um ſich ein gutes Teleſkop zu verſchaffen, nur ein einziges Glas brauche.

winkel eben derſelbe ſeyn, der er bey einem wirklichen Bilde an dieſer Stelle ſeyn würde.

* Hieraus läßt ſich die Wirkung des Galileaniſchen Fernrohres leicht begreifen. Es ſey ACB ein entfernter Gegenſtand, der von jedem ſeiner Punkte Strahlen auf das Converglas DE ſendet, welche wegen der großen Entfernung des Gegenſtandes als parallel betrachtet werden. Die von dem Punkte C in der Axe des Glaſes vereinigen ſich in dem Brennpunkte deſſelben, G. Die Strahlen, welche von einem andern Punkte A ausfahren, vereinigen ſich auf der Linie AFH, die durch das Mittel F des Glaſes DE, wenn es gleich viel conver iſt, gezogen wird, in dem Punkte H, wo die auf die Axe ſenkrechte GH ſie ſchneidet. Auf eben die Art liegt das Bild des Punktes B in I auf der Linie BFI. Das Hohlglas KL werde nun vor dem Bilde IGH geſetzt, ſo daß der Zerſtreuungspunkt deſſelben in G falle. Weil nun die mit der Axe parallelen Strahlen, welche von der Seite des Punktes G herkämen, ſo würden gebrochen werden, daß ſie von G auszufahren ſcheinen würden: ſo werden auch umgekehrt die Strahlen, welche nach G zielen, durch das Glas parallel mit der Axe gemacht. Die Strahlen, welche nach H zielen, werden gleichfalls mit der Linie HM, die von H nach der Mitte des Glaſes M geht, parallel gebrochen; ſo wie die nach I fahrenden mit der Linie IM parallel werden. Sieht das Auge, welches gleich hinter dem Hohlglaſe ſich befindet, in der Ferne deutlich, ſo werden dieſe Strahlencylinder auf der Netzhaut jeder in einen Punkt vereiniget, und man ſieht den Gegenſtand ACB deutlich und vergrößert. Die Strahlencylinder machen den Winkel IMH am Auge mit einander, der größer iſt, als der Winkel AFB, unter welchem das Objekt AB dem bloßen Auge erſcheinen würde, und zwar in dem Verhältniſſe von FG zu MG; weswegen man auch die Vergrößerung durch den Quotienten der Brennweite des Objectivglaſes, dividiret durch die Brennweite des Ocularglaſes, mißt. Die Weite MF macht keine Veränderung in dem Geſichtswinkel, da ſie mit FC nicht zu vergleichen ſeyn ſoll. Es wird vorausgeſetzet, daß das Auge ſo breit iſt, daß die von A und B kommenden Strahlen es nicht vorbey gehen. Der Gegenſtand erſcheint aufrecht, weil die von dem obern Punkte A herkommenden Strahlen bey L ſo ausfahren, als wenn ſie von einem Punkte über der Axe herkämen; und die von B bey K ausfahrenden von einem Punkte unter der Axe auszufahren ſcheinen. Die größere Helligkeit, wodurch jeder Punkt der Sache dem Auge viel empfindlicher wird, wenn es das Rohr gebraucht, als ohne daſſelbe, rühret daher, daß alle die Strahlen, welche auf das Objectivglas fallen, in einen Cylinder verdichtet werden.

Erklärung des Galileaniſchen Fernrohres. fig. 16.

Dieſes iſt nun das erſte Teleſkop, das von den Naturforſchern gebrauchet iſt. Es hat aber die große Unbequemlichkeit, daß das Geſichtsfeld daran ſehr klein iſt. Denn weil die Strahlencylinder ſehr divergirend ins Auge kommen, ſo kann der Stern nur wenige derſelben auffangen, und zwar deſto weniger, je ſtärker das Teleſkop vergrößert. Deswegen kann man jetzt kaum begreifen, wie Galileus und andere damit ſo viel haben entdecken können, als ſie wirklich gethan haben. Ihre Geduld und Geſchicklichkeit muß ſehr groß geweſen ſeyn. Gleichwohl hat man lange

Zeit nach der erſten Entdeckung ſich um kein anderes bekümmert. Descartes, der dreyßig Jahre nachher ſchrieb, erwähnet keiner andern Gattung, obgleich Kepler einige angegeben hatte.

Aſtronomiſches Fernrohr.

Dieſem großen Manne ſind wir das aſtronomiſche Fernrohr ſchuldig, das deswegen ſo genannt iſt, weil es zur Betrachtung der Himmelskörper am dienlichſten iſt. Die Art der Wirkung und die Vortheile deſſelben zeiget er in ſeiner Dioptrik ganz deutlich *i*); aber er brachte, welches ſonderbar iſt, ſeine vortreffliche Theorie nicht zur Ausübung *k*). Montücla muthmaßet, daß es deswegen nicht geſchehen ſey, weil er die beträchtliche Vergrößerung des Geſichtsfeldes nicht bemerket habe; daß er alſo, bey ſeinen vielen anderweitigen Beſchäfftigungen es für unnöthig gehalten, viele Mühe auf dieſe neue Gattung zu wenden. Es konnte ihm auch nicht unbekannt ſeyn, daß dieſes Fernrohr in Vergleichung der Vergrößerung länger werden müßte, weswegen es ihm nicht einmal ſo gut als das erſtere ſcheinen mochte.

Indeſſen währete es doch nicht lange, daß Keplers Entwurf ausgeführet wurde. Es war der Pater Scheiner, der zuerſt ein Teleſkop darnach verfertigte, wovon er die Beſchreibung in ſeiner 1630 herausgekommenen Roſa vrſina gegeben hat. Wenn man, ſaget er, zwey ähnliche Linſengläſer (das iſt, die beyde conver ſind) in eine Röhre faſſet, und das Auge hinter dem einen in gehöriger Entfernung ſtellet, ſo wird man alle Gegenſtände zwar umgekehrt, aber vergrößert, ſehr deutlich, und dabey viel auf einmal, erblicken. Weiterhin giebt er eine Nachricht von einem noch andern Teleſkope mit zwey converen Augengläſern, wodurch das Bild wieder verkehrt gemachet, und der Gegenſtand aufrecht dargeſtellet wird. Auch dieſes iſt ein Gedanke vom Kepler, den er aber eben ſo wenig, wie den erſtern ausgeführet hat *l*). Uebrigens war dieſe Einrichtung wenig brauchbar *m*). Aber der Pater Rheita fiel ſehr bald hernach auf eine andere, dabey drey Augengläſer ſtatt eines gebraucht werden *n*).

§. 17.

* Da die erſte und letzte dieſer Gattungen jetzt die gewöhnlichſten ſind, ſo will ich einen kurzen Begriff von ihnen geben. Das Objectivglas iſt D E F, welches von dem weit entferneten Gegenſtande A B C aus dem Orte, wo ſein Brennpunkt H iſt, ein umgekehrtes Bild macht, indem die Strahlen von A in G, die von C in I zuſammenkommen. Dieſe Strahlen werden von einem zweyten Converglaſe K M, von kürzerer Brennweite L H, und das ſo geſtellet iſt, daß ſein Brennpunkt in H fällt, aufgefangen. Weil die von der andern Seite mit der Axe parallel auffallenden Strahlen nach H gebrochen werden, ſo fahren umgekehret, die von H auffallenden Strahlen parallel mit der Axe aus. Die von G auffallenden werden mit

i) Dioptrica, prop. 86. R.

k) Kepler war ſelbſt kein Künſtler. Dies geſteht er in einem Briefe an den Galileus, wo er ſich auch beklaget, daß er kein hinlänglich gutes Objectivglas gemachet bekommen könnte, um die Erſcheinungen am Saturn wahrnehmen zu können. Hieraus läßt ſich erklären, warum er ſeine Theorie nicht in der Ausübung verſuchet hat. R.

l) Dioptr. pr. 89. R.

m) Sie gerathen zu lang. S. Euleri Dioptr. T. II. p. 257. R.

n) Montuela, vol. 2. p. 170.

mit der Linie G L, durch G und das Mittel des Glaſes L parallel gebrochen, ſo wie die von I herkommenden mit I L parallel ausfahren. Ein Auge, das in dem Orte O, wo die Strahlencylinder ſich kreuzen, befindlich iſt, bekömmt ein deutliches Bild des Gegenſtandes, woferne es nicht kurzſichtig iſt. Der Gegenſtand erſcheint umgekehret, weil das Auge das umgekehrte Bild deſſelben betrachtet, deſſen Lage durch das Glas nicht geändert wird. Man überſieht durch dieſes Teleſkop viel, weil alle Strahlencylinder, da ſie durch das Glas zuſammenfahrend gemachet werden, in das Auge, welches in dem Orte ihrer Zuſammenkunft ſteht, kommen können.

Die Vergrößerung dieſes Teleſkops zeiget der Quotient an, welchen die Brennweite des Objectivglaſes durch die Brennweite des Augenglaſes dividirt giebt. Denn der Winkel, unter welchem der Gegenſtand dem bloßen Auge erſcheint, iſt A E C, oder I E G. Die Länge des Rohrs kommt gegen die Entfernung des Gegenſtandes nicht in Betrachtung. Der Winkel, unter welchem das Bild dem Auge erſcheinet, iſt K P M oder I L G. Es verhalten ſich aber I E G und I L G wie L H zu E H.

Wenn das Verhältniß der Brennweiten in dieſem und dem Galileaniſchen Fernrohre einerley iſt, ſo vergrößern beyde gleich viel, und das letztere iſt um die doppelte Brennweite des Augenglaſes kürzer.

Eben dieſes gewähret eine größere Deutlichkeit, vielleicht weil zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtande kein Bild in der Mitte liegt. Dazu kömmt, daß das Hohlglas in der Mitte ſehr dünne iſt, und die Strahlen daher weniger Abweichungen wegen der Ungleichheit in der Materie des Glaſes unterworfen ſeyn mögen. Dem ſey wie ihm wolle, ſo iſt gewiß, daß man die Jupiters Trabanten bisweilen durch ein Galileaniſches Fernrohr von 20 Zoll oder zwey Fuß ſehr deutlich ſehen kann, wenn ein gewöhnliches aſtronomiſches von vier bis fünf Fuß ſie kaum erkennen läßt o).

In dem **Erdrohre** (tubus terreſtris) wird erſtlich durch das Objectivglas D D ein Bild des Gegenſtandes A C B in E F gemachet, von welchem die Strahlen, die zu jedem Punkte gehören, durch das erſte Augenglas H I parallel mit einander ausfahren. Anſtatt hierauf ins Auge zu kommen, werden ſie von einem zweyten Augenglaſe L M aufgefangen, das mit dem erſten einen gemeinſchaftlichen Brennpunkt hat, in welchem ſich die Strahlen kreuzen. An dem Orte des Brennpunktes dieſes Glaſes entſteht ein zweytes Bild N O, das gegen die Linſe L M ſo liegt, wie das Bild E F gegen das Glas H I, aber in einer entgegengeſetzten Lage. Dieſes Bild wird durch ein drittes Glas Q R, in deſſen Brennpunkte es liegt, von dem Auge betrachtet, eben ſo wie vorher, nur daß jetzt der Gegenſtand aufrecht erſcheint, weil ſein Bild dem Auge ſich ſo darſtellet. Das Erdrohr. fig. 18.

Eben der Pater **Rheita**, dem man dieſes nützliche Werkzeug zur Betrachtung der Gegenſtände auf der Erde zu danken hat, erfand auch das **Binocular** Tele-

o) Martin's new elements of Opticks. p. 18.

Teleſkop, welches in der Folge Pater Cherubim von Orleans in Gang zu bringen ſuchte. Dieſes beſteht aus zwey mit einander verbundenen Fernröhren, die nach einem und demſelben Gegenſtande gerichtet werden. Wenn dieſe gut zuſammen geſtellet ſind, ſo erſcheint durch beyde zugleich der Gegenſtand größer und dem Auge näher, als durch eines allein, obgleich beyde genau gleichviel vergrößern. Allein es iſt dies nichts als ein Geſichtsbetrug, der dadurch verurſachet wird, daß zwey gleich ſtark erleuchtete Bilder einen ſtärkern Eindruck machen. Dieſer Vortheil hebet ſich aber wieder gegen die Unbequemlichkeiten bey dem Gebrauche des Werkzeuges p).

Janſen erfindet das Mikroſkop.

Die Mikroſkope ſind ſehr bald nach den Teleſkopen erfunden. Denn Borellus, deſſen Nachricht, ſoviel ich finde, von niemand in Zweifel gezogen wird, ſchreibt ſie dem Zacharias Janſen und deſſen Sohne gemeinſchaftlich zu. Vermuthlich haben wir alſo beyde Werkzeuge einem und demſelben Erfinder zu danken, wiewohl wir ihm für das Mikroſkop noch mehr als für das Teleſkop verbunden ſeyn mögen, da jenes in der Naturforſchung einen vielfältigern und ausgedehntern Nutzen hat als dieſes. Freylich ſcheint es uns größrer und wunderbarer, Körper, die wegen ihrer ungeheuern Entfernung dem unbewaffneten Auge nicht ſichtbar ſind, ſehen zu können, als nahe Dinge, die wegen ihrer Kleinigkeit undeutlich ſind; und das Teleſkop erwecket alſo einen erhabenern Begriff als das Mikroſkop. Beyde Werkzeuge ſind, ungeachtet ihres verſchiedenen Gebrauches, ſich doch ſehr ähnlich. Eines wie das andere vergrößert den Sehewinkel, der ſonſt ſo klein iſt, daß die Dinge uns unbekannt bleiben würden.

Die Janſens ſind inzwiſchen in dem Antheile, der ihnen an der Ehre der Erfindung ſowohl des Teleſkops als des Mikroſkops zuzukommen ſcheint, nicht unangefochten geblieben. Größtentheils iſt man wegen des letztern noch zweifelhafter als wegen des erſtern geweſen. Alles was man zuverläßig wiſſe, ſagen manche Schriftſteller, ſey dieſes, daß Mikroſkope zuerſt um das Jahr 1621. in Deutſchland im Gebrauche geweſen ſind. Andere behaupten, daß Cornelius Drebel q) der Erfinder ſey: ein Mann, der zwar kein gelehrter Naturforſcher, aber doch ein nachgrübelnder, ſcharfſinniger Kopf war, der auch das Thermometer erfunden hat r).

Dem Borellus zufolge, überreichten Zacharias Janſen und ſein Sohn, die von ihnen zuerſt verfertigten Mikroſkope dem Prinzen Moriz und dem Erzherzoge von Oeſterreich, Albert. Wilhelm Borell, der dieſes in einem Briefe an ſeinen Bruder Peter s) erzählet, füget hinzu, daß im J. 1619., da er Geſandter in England

p) Montucla, vol. 2. p. 173.

q) Saverien, p. 257.

r) Huygens ſaget in ſeiner Dioptrik, p. 221. Daß im J. 1618 das Mikroſkop noch nicht erfunden ſeyn müſſe, weil Syrturus, der in dieſem Jahre von den Fernröhren geſchrieben, dieſer ſo wichtigen Erfindung nicht gedenke. Das Zeugniß des Syrſalis, welches Fontana für ſich anführe, ſey nicht älter als von 1625. Aber daß 1621 ſchon bey Drebeln in England Mikroſkope geſehen worden, habe er von Augenzeugen gehöret; auch ſey dieſer für den Erfinder gehalten. Beyde konnten wohl durch Verſuche ohne Theorie zugleich darauf gekommen ſeyn. A.

s) Der holländiſche Geſandte war, wie aus verſchiedenen Umſtänden klar erhellet, kein

land geweſen, Cornelius Drebel, der ſein vertrauter Freund war, ihm ein Mikroſcop gezeiget, welches er von dem Erzherzoge bekommen, und das von Janſen ſelbſt verfertiget worden. Dieſes war aber nicht ſo kurz, wie man ſie jetzt macht. Es war ſechs Fuß lang, beſtand aus einer Röhre von vergoldetem Kupfer, einen Zoll weit und ruhete auf drey meſſingenen Säulen, wie Delphine geſtaltet, auf einem Fuße von Ebenholz, worauf die von oben herunter zu betrachtenden kleinen Gegenſtände geleget wurden[ſſ]).

Das Drebeliſche Mikroſkop war alſo offenbar ein zuſammengeſetztes, oder ein Mittelding zwiſchen Teleſkop und Mikroſkop, welches man jetzt vielleicht lieber ein Megaloſkop nennen würde. Die einfachen Mikroſkope können ſchon früher bekannt und im Gebrauche geweſen ſeyn. Es fiel aber vielleicht Niemand ein, einfache Gläſer ſo zu benennen, obgleich Linſengläſer, ſobald ſie erfunden ſind, zu nichts anders als zur Vergrößerung kleiner Gegenſtände gebrauchet werden konnten. In dieſem Verſtande haben, wie wir oben geſehen, die Alten ſchon Mikroſkope gehabt; und aus dem Jamblichus und Plutarchus, die Dr. Rogers anführet, erhellet, daß ſie dergleichen Werkzeuge Dioptra nannten. Da Brillengläſer ſchon lange vor den Teleſkopen gewöhnlich geweſen ſind, ſo iſt es natürlich zu folgern, daß man die Linſengläſer, um kleine Sachen dadurch zu betrachten, immer kleiner und erhabener gemachet habe, beſonders weil man beyde faſt auf dieſelbe Art brauchet, indem man ſie dicht ans Auge hält. Um welche Zeit man aber die einfachen Vergrößerungsgläſer ſo klein, wie man jetzt pfleget, gemachet habe, das habe ich nicht finden können. Da dieſes allmählig geſchehen iſt, ſo bleibt hier nur eigentlich die Frage von dem Erfinder des zuſammengeſetzten Mikroſkops übrig. Dieſe entſcheidet das oben angeführte Zeugniß des Borellus ganz deutlich für den Zacharias Janſen, den Erfinder des Teleſkops oder für ſeinen Sohn.

Derſelbe Fontana, der auf die Erfindung des Teleſkops Anſpruch machte, will auch das zuſammengeſetzte Mikroſkop erfunden haben. Ungeachtet er ſeine Entdeckung, die er ſchon im Jahre 1618. gemacht zu haben behauptet, nicht vor 1646. bekannt gemacht hat, ſo iſt doch Montücla, vielleicht weil er Borells Zeugniß überſehen hat, geneigt, ihm die Ehre der Erfindung zuzugeſtehen, weil ſich niemand finde, der mehr Recht daran zu haben beweiſen könne [t]).

* Das einfache Mikroſkop beſteht aus einem einzigen Linſenglaſe A B, in deſſen Brennpunkte das Object C D gehalten wird. Der Strahl C E, der durch die Mitte des Glaſes geht, fährt ſo gut wie ungebrochen heraus; die übrigen, welche von eben dieſem Punkte C auf die Linſe fallen, werden ſo gebrochen, daß ſie mit C E parallel werden. So iſt es mit den Strahlen von jedem andern Punkte D auch

Erklärung des einfachen Mikroſkops fig. 19.

kein Bruder des Peter Borell. Er ſchreibt ſich Borelius, und erzählet jenem, daß er aus Middelburg gebürtig ſey, wo Zacharias Janſen ſein Spielcamerad in der Jugend geweſen. Petrus Borellus war Königl. Franzöſiſcher Rath und Leibarzt. (medicus ordinarius). K.

ſſ) Borellus de vero teleſcopii inventore pag. 35.

t) Montücla iſt geneigt, den Fontana für den Erfinder des Mikroſkops mit zwey Convexgläſern zu halten, weil er vermuthet, das Drebelſche habe, wie das erſte Teleſkop, ein hohles Augenglas gehabt. K.

D auch beſchaffen, welche mit dem ungebrochenen DF durch das Mittel des Glaſes parallel ausfahren. Das Auge bekömmt alſo von jedem Punkte Parallelſtrahlen, welche, woferne es nicht kurzſichtig iſt, auf der Netzhaut in einen Punkt wieder zuſammengebracht werden. Der Sehewinkel wird nicht vergrößert, aber das Glas machet die ſtark divergirenden Strahlen parallel, welche ſonſt nicht in einem Punkte der Netzhaut ſich vereinigen würden. Könnte ein Auge in der Entfernung der Sache vom Glaſe, ungeachtet der ſtark divergirenden Strahlen, ſie doch deutlich ſehen, ſo würde das Bild auf der Netzhaut deſſelben eben ſo groß ſeyn, wie in dem andern Auge, welches ſich des Glaſes bedienet. Die Vergrößerung ſchätzet man nach dem Verhältniſſe der kleinſten Entfernung, in welcher das Auge die Sache noch deutlich ſieht, zu der Brennweite des Glaſes. Iſt z. E. das Glas ein kleines Kügelchen, deſſen Brennweite $\frac{1}{20}$ Zoll, und die Gränze des deutlichen Sehens iſt 8 Zoll, ſo vergrößert dieſes Kügelchen in dem Verhältniſſe von 8 zu $\frac{1}{20}$, oder 160 mal.

Erklärung des zuſammengeſetzten Mikroſkops. fig. 20.

Das zuſammengeſetzte **Mikroſkop** hat mit dem aſtronomiſchen Fernrohre viel ähnliches. Es beſteht aus zwey Convergläſern, davon das erſtere AB, das Objectivglas, ein Bild der Sache machet, welches von dem Auge vermittelſt des zweyten EF, des Ocularglaſes, betrachtet wird. Darinn ſind aber beyde Werkzeuge unterſchieden, daß bey dem Teleſkop die Strahlen von jedem Punkte auf das Objectivglas ſo gut wie parallel fallen, und daß alſo das Bild der Sache in dem Brennpunkte des Glaſes liegt; dahingegen bey dem Mikroſkope die Strahlen ſehr aus einander gebreitet auffallen, ſo daß das Bild über den Brennpunkt hinausliegt, und größer als die Sache ſelbſt wird. Dieſes machet die Fig. 20 ganz deutlich. Die Strahlen, welche von den Punkten KCL des Gegenſtandes herkommen, werden nach ihren Vereinigungspunkten NGM hingebrochen. Das hierdurch entſtehende Bild MN iſt in dem Brennpunkte eines zweyten Glaſes EF befindlich, wodurch das Auge die Strahlen von jedem Punkte parallel empfängt. Das Object ſcheint umgekehret, weil das von dem Auge betrachtete Bild umgekehrt iſt. Das Geſichtsfeld iſt größer als in dem einfachen Mikroſkope, weil das Auge in O, wo die Strahlencylinder zuſammenkommen, alle Strahlen, die auf das Glas EF fallen, auffaßt. Die Sache erſcheint aus zwey Urſachen vergrößert: erſtlich, weil das Bild MN, welches man ſtatt der Sache ſelbſt betrachtet, größer als die Sache iſt; zweytens, weil man wegen des Augenglaſes, dieſes Bild in einer kleinen Entfernung, als mit dem bloßen Auge betrachten kann.

Mikroſkop mit drey Gläſern. fig. 21.

Gegenwärtig macht man die Mikroſkope gewöhnlich mit zwey Augengläſern, wodurch man ſowohl ein größeres Geſichtsfeld, als auch eine ſtärkere Vergrößerung erhält. Es ſey GK das eingeſchobene Glas, welches ziemlich breit ſeyn kann, weil die Strahlen von demſelben nach dem vordern und eigentlichen Augenglaſe hin zuſammen fahren. Dieſes Glas bricht die Strahlenkegel, welche von dem Objectivglaſe herkommen, dergeſtalt, daß ſie nach einem Vereinigungspunkte in O zielen; indem ſie aber durch das Augenglas FD aufgefangen werden, ſo werden ſie in I, zwiſchen dem Glaſe und ſeinem Brennpunkte L vereiniget; daß daher der Winkel DIF unter welchem der Gegenſtand nun erſcheint, größer iſt als der Winkel DLF

unter

unter welchem er ohne das eingeſchobene Glas würde erſchienen ſeyn. Folglich iſt die Vergrößerung in eben dem Verhältniſſe ſtärker *). Dr. Hooke erzählet, daß er zu ſeinen meiſten Betrachtungen ein ſolches Mikroſkop mit einem breiten Mittelglaſe gebrauchet habe, wenn er recht viel mit einemmale hätte überſehen wollen; um aber die Sache in ihren Theilen genauer zu unterſuchen, habe er es herausgenommen: weil, je weniger Brechungen geſchehen, deſto heller und klärer die Sache erſcheint *).

Allgemeine Anmerkungen über Teleſkope und Mikroſkope.

Folgende Anmerkungen vom Dr. Smith will ich dieſer Erzählung von Teleſkopen und Mikroſkopen noch beyfügen. Kurzſichtige müſſen das Augenglas dem Vorderglaſe etwas nähern, damit die Strahlen von jedem Punkte nicht parallel ausfahren, ſondern ſich ausbreiten. Hierdurch wird die ſcheinbare Größe der Sache zwar ein wenig, aber faſt unmerklich, verändert.

Die Helligkeit eines Fernrohres oder Vergrößerungsglaſes kommt auf die Oeffnung des Vorderglaſes an. Denn wäre dieſes ganz mit Papier bedecket, das nur in der Mitte ein kleines Loch hätte, ſo würde das Bild, vermöge der Strahlen, die dieſes Loch durchließe, noch eben ſo groß bleiben, aber in jedem Punkte ſo viel weniger Strahlen bekommen, als das Papier von jedem aufhielte. Bleiben aber Oeffnung und Brennweite des Vorderglaſes einerley, ſo erſcheinen die Sachen heller oder matter, nachdem die Brennweite des Augenglaſes kleiner oder größer iſt, d. i. nachdem das Werkzeug mehr oder weniger vergrößert. Denn bey einer ſtärkern Vergrößerung befindet ſich ein größer Bild im Auge, welches aber unter dieſen Umſtänden nicht mehr Licht enthält, als ein kleineres Bild; jedes nämlich ſo viel, als das Vorderglas durchläßt.

Folgende

u) Martin's Philoſophia Britannica. vol. 3. p. 46. (Der Punkt O hat hier nichts zu thun, wenn er, der Zeichnung zufolge, der Durchſchnitt eines derer von dem zweyten Glaſe gebrochenen Strahlen mit der Axe iſt. Das Auge kömmt auch bey einem Mikroſkop mit zwey Gläſern nicht in den Brennpunkt des Augenglaſes, ſondern etwas weiter weg zu ſtehen. Die Einrichtung des Mikroſkops mit drey Gläſern iſt eigentlich dieſe. Das Objectivglas machet ein Bild der Sache, das noch über das Glas F D hinausfällt, aber nicht zur Wirklichkeit kömmt. Statt deſſelben machet das zweyte Glas ein Bild zwiſchen den beyden Augengläſern in dem Brennpunkte des vordern F D. Dieſes betrachtet das Auge vermittelſt des nächſten Glaſes. S. Euleri Dioptrica, T. 3. p. 164 ſeqq. Er giebt pag. 178 folgende Maaßen an. Brennweite des Objectivglaſes, $\frac{1}{2}$ Zoll. Die Vorderfläche muß einen ſechs- bis ſiebenmal größern Halbmeſſer als die Hinterfläche haben. Brennweite des zweyten Glaſes, 1 Zoll. Oeffnung $\frac{1}{4}$ Zoll. Es iſt gleichviel convex. Drittes Glas auch gleichviel convex, hat Brennweite, $\frac{1}{3}$ Zoll; Oeffnung, $\frac{1}{6}$ Zoll. Entfernung des zweyten und dritten Glaſes, $\frac{2}{3}$ Zoll. Entfernung des Auges vom nächſten Glaſe, $\frac{1}{2}$ Zoll. Entfernung der Sache vom Vorderglaſe, etwas über $\frac{1}{2}$ Zoll, nachdem die Vergrößerung ſeyn ſoll. Die Entfernung des erſten und zweyten Glaſes iſt die Vergrößerungszahl, dividiret durch 32 in Zollen, z. E. 10 Zoll, wenn das Mikroſkop 320 mal vergrößert. Die Oeffnung des Vorderglaſes hängt von der Vergrößerung ab. Der Raum, den man an der Sache überſieht, iſt im Durchmeſſer groß, einen Zoll dividirt durch die halbe Vergrößerungszahl z. E. $\frac{1}{16}$ Zoll bey der Vergrößerung 100. A.

v) Smith's Opticks, vol. 2. p. 402. Preface to Hoocke's Micrography.

Folgende allgemeine Erinnerungen, saget er, sind wegen des Sehens durch Gläser zu merken: die scheinbare Undeutlichkeit kömmt auf den Winkel an, den die äußersten auf das Auge fallenden Strahlen in einem Kegel mit einander machen; die scheinbare Größe auf den Winkel, den die Strahlenkegel von den äußersten Punkten der Sache mit einander machen; die scheinbare Lage auf die wirkliche Lage der äußersten Strahlenkegel, wie sie ins Auge fallen; und die scheinbare Helligkeit auf die Menge der Strahlen in jedem Kegel *w*).

Vierter Abschnitt.

Vermischte Entdeckungen Keplers und seiner Zeitgenossen.

Außer demjenigen, was Kepler in der Lehre von den Linsengläsern und in der Erklärung der Teleskope geleistet hat, hat man ihm noch verschiedene andere Aufklärungen in der Optik zu danken, besonders in der Untersuchung über die Strahlenbrechung, und die Beschaffenheit des Sehens; wiewohl er doch in Absicht auf jene nicht so glücklich gewesen ist, wie in der Erklärung des letztern.

Gesetz der Strahlenbrechung nach Keplern.

Die Bemühungen, die Wirkung der Teleskope und Mikroskope zu erklären, veranlaßten, daß man sich um die Größe der Brechung des Lichtes, wenn es aus Luft in Glas, und umgekehrt, geht, genauer bekümmerte. Kepler, der dem Wege des Lichtes in Fernröhren so glücklich nachspürte, bemühete sich eben so sehr, aber nicht mit so gutem Erfolge, das Gesetz der Strahlenbrechung zu entdecken. Alles, was er herausbringen konnte, war dieses, daß wenn der einfallende Strahl mit dem Einfallslothe einen Winkel unter 30. Gr. machet, der Brechungswinkel ohngefähr zwey Drittheile des Einfallswinkels ist. Da die Objectivgläser selten mehr als 20 Gr. von dem Mittel bis zum Umfange halten, so glaubte er, und das nicht mit Unrecht, daß dieses Brechungsverhältniß zum Gebrauche hinlänglich genau wäre *a*).

Größte Brechung im Glase nach Keplern.

Eben dieser aufmerksame Naturforscher bemerkete auch, daß, wenn das Licht aus einem dichtern Körper in einen dünnern übergeht, der gebrochene Strahl immer mehr, je größer der Einfallswinkel ist, von dem Perpendickel sich ablenket, bis daß er endlich mit der brechenden Fläche parallel wird; welches nach seiner Beobachtung im Glase sich bey einem Einfallswinkel von etwa 42 Gr. ereignet, worauf, wenn der Einfallswinkel noch größer ist, der Strahl eben so innerhalb des Glases zurückgeworfen wird, wie er von der Oberfläche eines dichtern Körpers in einem dünnern Mittel zurückprellet *b*).

Bemühungen um die astronomische Strahlenbrechung.

Zu Keplers Zeiten, das ist, um 1600, ward auch die Frage von der Strahlenbrechung in dem Dunstkreise wieder vorgenommen und untersuchet, hauptsächlich von

w) Smith's Opticks, vol. I. p. 42. d. d. Dioptr. axiom. 7. 8 K.)
A. S.. 38. 39.)
b) Montucla vol. 2. p. 176. (Kepl. l. c.
a) Montucla vol. 2. pag. 175. (Kepl. ax. 9.)

vom Bernhard Walther [c], Möstlin, und andern, besonders aber vom Tycho Brahe, der wegen Wichtigkeit dieser Sache in der Astronomie, nicht eher ruhete, als bis er mit unglaublicher Sorgfalt, sowohl in Verfertigung der Werkzeuge, als bey den damit gemachten Beobachtungen, die Größe der Strahlenbrechung in unterschiedlichen Höhen einigermaaßen zuverläßig herausbrachte. Er glaubte, das Sonnenlicht werde in einer Höhe von 43 Gr. nicht mehr merklich gebrochen, so wie das Mondenlicht in einer Höhe von 45 Gr. und das Sternenlicht bey 20 Gr. Höhe. Die Brechungen nahm er alle zu klein an, ausgenommen die Horizontale, welche er zu groß ansetzete, nämlich zu 34 M. für die Sonne, zu 33 M. für den Mond, und zu 30 M. für die Sterne; wogegen de la Hire und Cassini sie zu 32 M. für alle Himmelskörper mit einander annehmen [d]. Cassini war der erste, der die Wirkung der Strahlenbrechung sich bis zum Zenith hin erstrecken ließ, wie man aus des de la Hire astronomischen Tafeln ersieht, worinne die Strahlenbrechung für die Höhe von 89 G. eine Secunde beträgt. Jetzt haben die Astronomen Brechungstafeln für jeden Grad der Höhe berechnet [e].

Tycho so wenig, als einer seiner Zeitgenossen, hatte einen richtigen Begriff von der Strahlenbrechung. Kepler auch nicht, ungeachtet er soviel darüber geschrieben hat. Tycho glaubte mit Alhazen und Vitellio, daß die Strahlenbrechung durch den Unterschied der Luft und des Aethers darüber, wie auch durch die dicken Dünste zunächst an der Oberfläche der Erde, verursachet werde. Rothman, ein Mathematiker in Diensten des Landgrafen von Hessen, wollte keinen Unterschied zwischen der Luft und dem Aether zugeben; behauptete auch, daß bloß nahe am Horizonte eine Brechung statt finde. Beyde führeten einen weitläuftigen Streit darüber, der uns aber nunmehr zu wenig wichtig ist. Kepler beschließt seine Erzählung des Streites damit, daß er beyde Partheyen tadelt, daß sie nicht die wahren Maaßen der Brechung zu Hülfe genommen hätten. So würden sie, saget er, gesehen haben, daß das Mittel, worinn die Strahlen der Himmelskörper gebrochen werden, nicht etwas ist, das, wie Tycho glaubete, sich allmählig in den Aether verliert, und bis an den Mond sich erstrecket; sondern eben die Luft, in welcher wir athmen, deren Oberfläche einem über ihr erhabenen Auge eben so deutlich erscheinen würde, wie uns die Oberfläche, wo die Luft ans Wasser gränzet [f]. Seine Meynung war also

c) Walther hat etwa hundert Jahre vor Keplern gelebt. Er starb 1504. Er bemerkte, daß ein Gestirn, das wirklich unter dem Horizonte ist, darüber erscheinen könnte. K-pl. Paral. p. 151.

d) Dictionnaire encyclopédique, art. Refraction. (Kepler bemerket, daß die Verschiedenheit der Entfernung keinen Einfluß auf die Strahlenbrechung habe. Obgleich Tycho die Brechung des Mondenlichtes anfangs für größer als des Sonnenlichtes, wegen der geringern Entfernung gehalten habe, so habe er doch nachher gefunden, daß sie beydemal einerley sey. Paral. ad Vitell. p. 112. K.)

e) Saverien vol. 2. p. 372. (Die von Cassini und de la Caille findet man in der Exposition du calcul astron par de la Lande p. 251. die vom Bradley in der Connoiss. des mouv cel. 1765. p. 141. K.)

f) Paralipomena, p. 77.

das Licht werde mit einem male, an der Oberfläche des Dunſtkreiſes, den er für gleichförmig dicht hielt, gebrochen. Er wollte auch aus der beobachteten Größe der Brechung die Höhe der Luft berechnen, welche er nur ein weniges höher als die höchſten Berge fand [g]). Die wahre Beſchaffenheit der Atmoſphäre ward aus den Torricelliſchen Verſuchen bekannt, und gab richtigere Begriffe von der Beſchaffenheit der Brechung, welche das Licht der Himmelskörper darinne leidet [h]).

Röthlichtes Licht des verfinſterten Mondes.

Vielleicht hat Kepler dem Dunſtkreiſe, den er für gleichförmig dichte hielt, auch eine unveränderliche Höhe zugeſchrieben. Daß ſie veränderlich ſey, hat Gilberten zufolge ein gewiſſer Bruce, den er einen gelehrten Mann nennt, bemerket, und geglaubet, daß die Dauer der Dämmerung davon abhänge [i]).

Das röthliche Licht des Mondes bey Totalfinſterniſſen entſteht, nach Keplern, von den Sonnenſtrahlen, die durch die Brechung in unſerm Dunſtkreiſe in den Erdſchatten fallen. Vor ſeiner Zeit hatte man es als ein dem Monde Eigenthümliches angeſehen, welches nur im Schatten ſichtbar werden könne, wiewohl ſchon Plutarch, der dieſe Meynung anführet, ſie beſtreitet [k]). Kepler giebt auch eine Methode an, die Größe der Strahlenbrechung in dem Dunſtkreiſe aus Beobachtung der Mondfinſterniſſe herzuleiten, unter der Vorausſetzung, daß der Erdſchatten bloß in einem Theile durch das gebrochene Licht erleuchtet werde [l]).

Kepler erklärt die Wirkung der Augengläſer.

* Kepler gab zuerſt die wahre Urſache an, warum ſolche, die in der Ferne gut, aber in der Nähe undeutlich ſehen, ſich durch Convergläſer, hingegen die, welche in der Ferne undeutlich, in der Nähe aber deutlich ſehen, ſich durch Concavgläſer helfen. Er geſteht, daß er drey Jahre dieſer Frage nachgedacht habe. Zuerſt habe er geglaubet, daß die Convergläſer das Sehen deutlich machten, weil ſie vergrößern. Die wahre Urſache aber ſey, daß die Convergläſer den Weitſichtigen den Strahlenkegel von einem zu nahen Punkte ſo verändern, als wenn er zu einem entfernten Punkte gehörte. Ohne das Converglas werde der Strahlenkegel von einem zu nahen Punkte erſt hinter der Netzhaut in eine Spitze zuſammen laufen. Die Strahlenkegel von verſchiedenen Punkten bekämen alſo eine gewiſſe Breite auf der Netzhaut, und vermiſchten ſich mit einander. Diejenigen hingegen, welche nur nahe Punkte deutlich ſehen, ſaget er, verändern durch ein Hohlglas den Strahlenkegel von einem entfernten Punkte ſo, als wenn er von einem nahen herkäme. Ohne Glas würde bey dieſen Perſonen der Strahlenkegel von einem entfernten Punkte in dem Auge ſchon vor der Netzhaut in eine Spitze ſich endigen, und hernach ſich wieder ausbreiten, daß er mit einiger Breite auf die Netzhaut fällt, und die Strahlenkegel verſchiedener Punkte ſich mit einander vermiſchen [m]).

Daß

g) Ohngefähr eine halbe deutſche Meile, ſaget er, Paral. p. 129. K.)

h) Smith's Opticks, remarks, p. 59. (der d. A. S. 421.)

i) Phyſiologia, p. 212.

k) Paralip. p. 273.

l) Ibid. p. 278.

m) Paral. p. 200. Ich habe mich in dieſem Abſatze genau an Keplers Vortrag gehalten, da Prieſtley mehr den Montucla und Smith vor Augen gehabt zu haben ſcheint. Der erſtere ſaget, vol. 2 p. 158. daß Kepler durch die Aufſchlüſſe, welche Porta und Maurolycus von der Theorie des Sehens

Daß man die Sachen aufrecht ſieht, ungeachtet die Bilder verkehrt ſind, ſchreibt Kepler der Seele zu, welche den Eindruck auf einem untern Theile der Netzhaut ſich ſo vorſtellen ſoll, als wenn er von den Strahlen eines höhern Punktes der Sache entſtünde [n]). Dieſe Erklärung iſt ſchwerlich genugthuend. Es iſt wohl hinlänglich, wenn man bemerket, daß oben und unten nur beziehende Begriffe ſind; und daß, da alle Gegenſtände auf eine ähnliche Art auf der Netzhaut abgebildet werden (nämlich was oben liegt, zu öberſt, was unten liegt, nach unten hin), man bloß durch Gewohnheit, vermittelſt vielfältig wiederholter Erfahrungen, und die Vergeſellſchaftung der Begriffe, das obere und untere einer Sache entſcheiden lernt; wodurch man die Augen jedesmal gehörig zu richten und die Hände auszuſtrecken weis [o]). Iſt dies die wahre Auflöſung der Frage, ſo folget, wenn die Bilder auf eine andere Art entworfen würden, z. E. aufrecht, wie die Gegenſtände ſelbſt, daß wir demohngeachtet nicht anders als jetzt uns verhalten würden, ohne dieſen Unterſchied zu merken. Es entſtünde alsdenn bloß eine andere Vergeſellſchaftung der Begriffe. Auf welche Art aber die Seele die Bilder auf der Netzhaut empfinde, dieſes nimmt Kepler ſich nicht heraus zu erklären, und tadelt den Vitellio ſehr, daß er ſich ſo übereilter Weiſe an eine Frage von dieſer Art mache, die eigentlich gar nicht zur Optik gehöre [p]). Nicht ſo gut, warum man die Gegenſtände nicht umgekehrt ſieht.

Die Urſache, warum man Sachen in unterſchiedenen Entfernungen deutlich zu ſehen im Stande iſt, wobey das Auge vermögend ſeyn muß, Strahlen, die verſchiedentlich gegen einander geneigt ſind, auf einen Punkt der Netzhaut zu vereinigen, ſuchet Kepler in dem Zuſammenziehen der Proceſſus Ciliares, wodurch das Auge nach der Länge erweitert, und die Netzhaut von der Linſe weggerücket wird, wenn man ſehr nahe Gegenſtände betrachtet [q]). Wenn aber gleich de la Hire ohne Grund, wie in der Folge erhellen wird, behauptet hat, daß das Auge keine Veränderung leide, es mag nahe oder entfernte Sachen betrachten, ſo irrte doch Kepler auch in ſeinen Gedanken von der Wirkung dieſes Ligamentes, als welches bloß die Lage der Kryſtalllinſe innerhalb des Auges ändern kann. Nach Keplern ferner kann man von der Entfernung eines Gegenſtandes mit einem Auge nur alsdenn urtheilen, Wie das Auge ſich nach den Entfernungen einrichte, und ſie ſchätzen lerne.

Sehens gegeben, das Geheimniß davon entdecket habe. Kepler aber erwähnet des Maurolycus, wie auch Prieſtley bemerket, niemals. Er ſaget ausdrücklich, des Porta optiſche Schrift habe er nie zu Geſichte bekommen können. Die ältern Optiker konnten hierüber unmöglich etwas erträgliches ſagen. Sie ließen von jedem Punkte nur einen Strahl ins Auge kommen. Vom M. habe ich dies ſchon bemerket. Porta machet es nicht beſſer. Will man ein Zeugniß aus dieſem Zeitalter haben, ſo kann ich es aus einem Briefe Brenggers an Keplern (beym Hanſch, p. 244.) geben, der ſich gegen Keplern darauf berufet, daß kein Optiker bisher gelehret habe, daß von einem einzelnen Punkte einer ſichtbaren Sache zwey oder mehr Strahlen ins Auge kämen und empfunden würden. S. auch daſ. pag. 226. Kepler widerleget ihn ſehr gut. p. 253. A.

n) Smith's Opticks, rem. p. 4. d. d. A. S. 366. (Kepler ſaget, der leidende Theil müſſe dem wirkenden gerade gegen über liegen. Dies treffe bey dem umgekehrten Bilde zu, aber nicht bey einem aufrechten. A.)

o) Man lernt in der Kindheit, durchs Gefühl ſeine Augen brauchen. A.)

p) Paralip. p. 169.

q) Dioptr. prop. 64 A.

theilen, wenn die Breite des Sternes im Auge gegen sie ein merkliches Verhältniß hat r).

Verminderung der scheinbaren Größe des Mondes.

Tycho Brahe, der auf astronomische Wahrnehmungen immer aufmerksam war, ist der erste, der eine scheinbare Verminderung des Durchmessers des Mondes bey Sonnenfinsternissen beobachtete. Die Ursache davon schrieb er einer wirklichen Verkleinerung des Mondrandes durch die Sonnenstrahlen zu s). Aber Kepler bemerket, daß die Mondsscheibe deswegen nicht kleiner aussieht, weil sie unerleuchtet ist, sondern daß sie vielmehr zu andern Zeiten darum größer scheint, weil sie erleuchtet ist. Denn die Strahlenkegel von einer so entfernten Sache haben ihre Vereinigungspunkte mehrentheils dißeits der Netzhaut, und breiten sich folglich wieder aus, wenn sie dieselbe erreichen, daß also das Bild des Ganzen, welches aus lauter kleinen Kreisen, anstatt einzelner Punkte, besteht, nothwendig größer ist, als es eigentlich seyn sollte. Darum, fährt er fort, werden verschiedene Personen die Größe der Mondscheibe verschiedentlich angeben, nachdem ihre Augen beschaffen sind. Er führet an, daß unter 22 Beobachtungen des Mondes, am 22 Febr. 1591. zwey den Durchmesser zu 31 M. sechs zu 32 M. sieben zu 33 M. sechs zu 34 M. und eine zu 36 M. angegeben haben t). Eben deswegen, saget er, werden solche, die in der Ferne undeutlich sehen, anstatt einer Phasis des Mondes, eine Menge von Phasen, wie ein Hahnenkamm gestaltet, erblicken. Diese werden auch die Gesichtszüge ihrer Bekannten in der Ferne nicht so gut erkennen, wenn sie weiße Halstücher an haben, als wenn sie dergleichen nicht tragen u). Doch bedachte er nicht, daß aus eben dem Grunde, deswegen die erleuchtete Mondsscheibe größer als die dunkle erscheint, auch der Theil der Sonne, der bey Sonnenfinsternissen an den Mondsrand gränzt, größer erscheinen, und in die dunkle Mondsscheibe hineintreten muß. Vollständig wird man dies in der letzten Periode dieser Geschichte vom Dr. Jurin erkläret finden.

Beobachtung der Finsternisse durch Projectionen.

Reinhold, Möstlin und Gemma, die Zeitgenossen Keplers und Tychos, lehreten, wie man Sonnen- und Mondfinsternisse, vermittelst ihrer Projectionen, in einem verfinsterten Zimmer beobachten könne v).

Kepler von dem Orte der Bilder.

Kepler entdeckte auch zuerst die wahre Beschaffenheit, welche es mit dem Orte der Bilder hat, die durch Brechung oder Zurückstrahlung gemachet werden; daß es

r) Robins's Tracts. vol. 2. p. 277. (Kepler saget Paral. p. 62. die Entfernung der beyden Augen sey die Grundlinie, deren man sich zur Messung solcher Entfernungen, die gegen jene nicht zu groß sind, bediene. Paral. p. 62. Weil ein Auge von beyden Augen diese Art zu messen lerne, so könne auch, bey verhältnißmäßig kleinern Entfernungen, die Breite des Sternes im Auge zur Grundlinie dienen. l. c. p. 63 coll. pag. 312. und noch besser p. 65. 66. wo er bemerket, daß man auch mit einem Auge, die verschiedenen Grade des Lichtes zu schätzen, und die Größe des Bildes mit der Entfernung der Sache durch die Uebung zu vergleichen wisse, indem man durch die Erfahrung lerne, wie weit man die Hand darnach ausstrecken und dahin zu gehen habe. A.

s) Paralipomena, p. 285.

t) Ibid. p. 218.

u) Ibid.

v) Ibid. p. 39.

es nämlich dabey auf die Lage der Strahlen gegen einander, nach der Zurückwerfung und Brechung ankömmt. Bey ebenen Spiegeln wird die Lage der Strahlen gegen einander durch die Zurückwerfung nicht verändert, aber wohl bey Concav- und Converſpiegeln und bey dem Uebergange in ein anderes Mittel *w*). Er zeigte auch die Unmöglichkeit in einer großen Entfernung durch Brennſpiegel oder Brenngläſer zu zünden, weswegen ich mich oben auf den Dechales berufen habe *x*).

Geſchwindigkeit des Lichtes.

Ich muß nicht vergeſſen, daß Galileus, der in allen Theilen der Naturkunde ſo viel neues bemerket hat, auch zuerſt darauf gefallen iſt, die Geſchwindigkeit des Lichtes zu meſſen, wovon er die Anſtalten in ſeiner Mechanik S. 39. beſchreibt. Er ſtellete zwey Leute in gewiſſer Entfernung von einander, jeden mit einem Lichte. In dem Augenblicke, da der eine ſein Licht, das er bis dahin verborgen gehalten hatte, aufdeckte, mußte der andere von ſeiner Seite ein gleiches thun. Mit der Meſſung der Geſchwindigkeit des Schalles hätte man auf eine ſolche Art wohl verfahren können; aber, daß das Licht den Schall ſo ſehr an Geſchwindigkeit übertreffe, wie man in der Folge gefunden, dachte man damals nicht. Galileus ließ ſeine Leute ſich üben, ihre Lichter augenblicklich zu oder aufzudecken. Er hatte den Verſuch damals nur in der Entfernung von einer Meile gemachet; war aber willens, ihn in größern Weiten, mit Hülfe eines Fernrohrs, zu wiederhohlen. Man findet aber nicht, daß er es gethan habe. Die Mitglieder der Academie del Cimento, welche den Verſuch erneuerten, richteten auch nichts aus.

Die Geſchwindigkeit des Lichts zu meſſen, war in der That eine hohe Aufgabe. Aber keine Entfernung auf der Erde iſt hinlänglich groß dazu. Damals fiel man noch nicht darauf, die Zeit, welche das Licht auf ſeinem Wege von einem Planeten zum andern brauchet, zu meſſen: ein glücklicher Gedanke, den Römer zuerſt hatte, wie unten erzählet werden wird. Inzwiſchen iſt es nicht unangenehm, die erſten unvollkommenen Verſuche zur Auflöſung ſolcher großer Aufgaben kennen zu lernen.

Zuſätze

w) Ibid. p. 59. (Kepler ſetzet den Ort des Bildes eines leuchtenden Punktes in das Perpendikel von dem Punkte auf die zurückwerfende oder brechende Fläche. Er nimmt an, daß der Ort des Bildes derjenige Punkt ſey, wo die Geſichtsſtrahlen von beyden Augen durch die Punkte der Zurückwerfung und Zurückſtrahlung verlängert zuſammen kommen. Liegen dieſe Strahlen in verſchiedenen Ebenen, ſo liegt das Bild in dem Durchſchnitte dieſer Ebenen, und bey Kugelflächen in der geraden Linie durch den leuchtenden Punkt und das Centrum. Paral. p. 69. Wolf verfährt eben ſo, Catoptr. §. 151. 152. Wenn aber beyde Augen in derſelben Zurückſtrahlungs- oder Brechungsebene liegen, ſo, ſaget Kepler, rücket das Bild von dem Perpendikel nach dem Auge hin oder davon. Paral. p. 70. Betrachtet man nur mit einem Auge das Bild, ſo muß man ſtatt der Entfernung der beyden Augen die Weite des Sternes nehmen. l. c. Kepler hat in dieſer Sache, die noch jetzt ihre großen Schwierigkeiten hat, ſehr gute Einſichten gezeiget, beſonders dadurch, daß er einen ganz neuen Weg betreten hat. Ich bemerke noch, daß er bey Gelegenheit, wo er von dem Bilde, den ein paraboliſcher Converſpiegel machet, ſchon die Idee von dem Krümmungskreiſe äußert. Er nennt ihn circulum, qui contineat rationem curuitatis, quam habet ſectio in puncto repercuſſus. K.)

x) Borellus de vero teleſcop. inuent. p. 14. (Es wird die Stelle der Dioptrik §. 106. ſeyn, wo Kepler ſaget, daß bey einem ſehr langen Strahlenkegel die Durchſchnitte ſehr ſchwach ſeyn müßten. K.)

Zusätze des Uebersetzers.

Die Keplerischen Schriften verdienen, daß ich noch einige Nachrichten von ihnen, in so ferne sie die Optik betreffen, beyfüge.

Kepler fieng in dem Jahre 1602 an, sich auf die Optik zu legen. Eine große Menge Entdeckungen machete er schon nach zwey Jahren in dem Werke bekannt, das den Titel führet: Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur, etc. auctore *Ioanne Keplero*. Francofurti, 1604. 4to. pagg. 449. Das erste Kap. handelt vom Lichte, welches er sich wie einen Ausfluß von dem leuchtenden Körper nach geraden Linien allenthalben hin vorstellet. Die Frage über die Natur der Farben sey zu schwer, als daß er sie jetzt ausmachen könne. Das zweyte Kap. handelt de figuratione lucis, worinne er die Frage von dem Bilde eines leuchtenden Körpers, das durch eine Oeffnung auf eine Fläche fällt, umständlich und sehr genau abhandelt. Das dritte Kap. von der Katoptrik und dem Orte des Bildes. Das vierte von dem Gesetze der Strahlenbrechung. Hier scheint er etwas zu schwärmen, da er die Kegelschnitte zu Hülfe rufet, die Größe der Brechungen zu bestimmen. Die Ursache der Brechung sucht er in dem Widerstande des dichtern Mittels. Die Brechungswinkel, welches ihm die Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahles sind, saget er, haben einen Proportionaltheil, der von dem Einfallswinkel abhängt, und einen ungleich wachsenden Theil, der von der Secante des Winkels abhängt, welche der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe machet. So gar weit war er also nicht mehr von der Wahrheit. Er berechnet hierüber eine Tafel für die Brechung im Wasser. Darauf machet er sich an die schwere Aufgabe, die astronomische Strahlenbrechung für jeden Grad der Höhe zu finden, und untersuchet noch verschiedene andere Fragen, diese Materie betreffend. Das fünfte Kap. vom Sehen, ist im Ganzen betrachtet, vortrefflich, voll neuer richtiger Gedanken. Keplers Scharfsinn und erfinderischer Geist zeiget sich hier desto vortheilhafter, je weniger man bisher, aller Bemühungen ungeachtet, etwas erträgliches hatte herausbringen können. Die andere Hälfte des Buches ist mehr astronomisch, und enthält die Anwendung der Optik auf die Astronomie.

Die zweyte optische Schrift von Keplern führet den Titel: Dioptrice, seu demonstratio eorum, quae visui et visibilibus, propter conspicilla non ita pridem inuenta, accidunt, etc. Augustae Vindelicorum 1611. 4to. 80 S. Vorr. 28 S. Diese Schrift ist sehr nett ausgearbeitet. Zuerst zeiget er, wie man vermittelst eines gläsernen Würfels, oder einer solchen Scheibe, die Brechung messen könne; untersuchet darauf die Brechung durch Convexgläser, ihren Gebrauch zur Stärkung des Gesichtes, wobey er vom Sehen selbst kurz, aber sehr gut, handelt. Hierauf kömmt er auf die Verbindung zweyer oder dreyer Convexgläser, deren Wirkung er ziemlichermaßen deutlich machet, obgleich nicht so vollkommen, wie man es in spätern Zeiten gethan hat. Weiter untersuchet er die Hohlgläser, die Fernröhre

mit

mit dergleichen Augengläſern; bemerket, daß man mit zwey ähnlichen dicht an einander geſtellten Convergläſern, als einem gedoppelten Objectivglaſe, das Rohr faſt um die Hälfte verkürzen könne. Dieſen Gedanken hat Hr Euler in ſeiner Dioptrik ſehr ſchön ausgeführet. Kepler zeiget auch, daß man durch ein gedoppeltes concaves Ocularglas das Rohr zwar etwas länger, aber die ſcheinbare Größe faſt doppelt ſo groß mache; unterſuchet auch zuerſt die Wirkung der Menisken. Ueberhaupt machet dieſes Buch die Epoche unſerer deutlichen Erkenntniß in der Optik.

Auf die erſte Nachricht von des Galileus Entdeckungen mit dem Fernrohre gab Kepler ein Schreiben an ihn heraus, darinne er ihm ſeine Anmerkungen über dieſe ſowohl für die Aſtronomie als Optik ſo wichtige Begebenheit mittheilet. Dieſes iſt die diſſertatio cum nuncio ſidereo, nuper ad mortales miſſo a Galilaeo Galilaeo Mathem Patau. Pragae 1710. 34 pagg. 4. Er beſchreibt ſein Erſtaunen über die erſte Nachricht von dem entdeckten Fernrohre und den vier neuen Planeten ſehr lebhaft, geſteht auch, daß er dabey in Sorgen gerathen, ob ſein Planetenſyſtem, das er auf gut pythagoräiſch, aus den fünf ordentlichen geometriſchen Körpern, mit vieler Mühe zuſammengeſetzet hatte, damit noch würde beſtehen können. Für dieſes Syſtem äußert er noch mehrmals eine recht väterliche Sorgfalt. Was kann auch einem Philoſophen wichtiger ſeyn, als ſein Syſtem? Er glaubet, daß Porta das Fernrohr ſchon entdecket, aber es verheimlichet habe, weil dieſer in der Magia nat. L. 17. c. 10. die Zuſammenſetzung und Wirkung deſſelben nicht undeutlich beſchreibt. Alſo, glaubet er, möge die Erfindung des Teleſkops dadurch veranlaſſet ſeyn; vielleicht ſey auch nach dem Tode des Porta das Geheimniß kund geworden. Das ſehe ich aus dieſer Schrift, daß des Porta Beſchreibung viel Aufſehens gemachet hat. Der Kaiſer, ſaget Kepler, habe ihn oft wegen des Kunſtſtückes befraget, deſſen Porta ſich rühmet; allein er habe es für unmöglich gehalten. Vielleicht iſt alſo Janſen, der ein ſinnreicher Mann geweſen ſeyn ſoll, durch die merkwürdige Stelle beym Porta, zum Nachforſchen gebracht worden. Kepler meynet, daß vielleicht auch ſeine Zeichnung von Concav- und Convergläſern in den Paralip. S. 202. Gelegenheit dazu könne gegeben haben. Obgleich dies mir nicht wahrſcheinlich iſt, ſo ziehe ich doch daraus die Bemerkung, daß Kepler das holländiſche Fernrohr für neuer als das Jahr 1604. gehalten hat.

Noch eine kleine hieher gehörige Schrift von Keplern iſt die narratio de obſeruatis a ſe quatuor Iouis ſatellitibus erronibus, Francof. 1611. 10 pagg. 4. Es iſt eigentlich die Vorrede zu der vorhergehenden Schrift, die nochmals muß aufgeleget ſeyn. Kepler hat die erſte Beobachtung der Trabanten den 30ſten Auguſt 1610. gemachet.

Zur Geſchichte der Aſtronomie und Optik iſt Keplers Briefwechſel ſehr merkwürdig. Michael Gottlieb Hanſch hat ihn im J. 1718 herausgegeben *). Er hatte

*) Epiſtolae ad Io. Kepplerum ſcriptae, inſertis ad easdem reſponſionibus Kepplerianis, quotquot hactenus reperiri potuerunt. fol. 704. pagg. ohne die umſtändliche Lebensbeſchreibung Keplers.

hatte sich vorgenommen, alle noch ungedruckte Schriften von Keplern herauszugeben. Das widrige Schicksal des Verfassers verfolgte aber noch seine Manuscripte. Hansch versetzte sie, und erst kürzlich sind sie auf Kosten der großmüthigen Monarchinn Rußlands eingelöset worden. Aus den Briefen will ich einiges auszeichnen. Brengger, ein Arzt und Mathematikverständiger, machet Zweifel gegen den damals überall, auch von Keplern angenommenen Satz, daß das Bild eines leuchtenden Punktes, in dem Durchschnitte des zurückgeworfenen Strahles mit der senkrechten Linie von dem Punkte auf den Spiegel, sey. Sein Einwurf ist nicht übel. Wenn man einen Stock senkrecht auf einen Hohlspiegel hält, so sieht ein Auge neben dem Mittelpunkte auch diejenigen Theile des Stockes hinter dem Spiegel liegen, deren Bild, jenem Satze zufolge, hinter das Auge fällt. Er behauptet, das Bild falle in das Perpendikel von dem leuchtenden Punkte auf die Ebene, welche die zurückwerfende Ebene in dem Zurückstrahlungspunkte berührt. Dieser Gedanke läßt sich vielleicht bisweilen brauchen. Auch giebt d' Alembert dieser Bestimmung vor der alten gewöhnlichen den Vorzug (Opuscules mathém. T. I. p. 275.) Kepler bemerket dagegen sehr gut, daß es bey der Bestimmung des Ortes des Bildes nicht auf eine einzige Zurückwerfung, sondern auf mehrere ankomme. Wunderbar scheint es mir, daß Kepler in diesem Briefe S. 231. zu behaupten scheint: der Brennpunkt eines Kugelspiegels sey im Mittelpunkte desselben. Brengger antwortet ihm, in dem Mittelpunkte eines Kugelspiegels hätte er seinen Finger wohl halten können, da er ihn aus dem Punkte, der um den vierten Theil des Durchmessers vom Spiegel entfernet war, geschwinde hätte wegziehen müssen. Aber K. antwortet, S. 254. der Spiegel müsse paraboliſch gewesen seyn. Vielleicht ist hier ein Misverstand in den Erklärungen. Dies wird aus dem, was noch ferner S. 267. vorkömmt, sehr wahrscheinlich. Dagegen will ich wieder zur Ehre Keplers bemerken, daß er schon die Idee von den Brennlinien gehabt zu haben scheint. Er redet in diesen Briefen einigemal von gewissen Linien, die er meatrices nennt, und wovon er saget, daß sie Theile der zurückgeworfenen Strahlen sind. Dieses schicket sich sehr wohl zu dem, was er von dem Orte des Bildes, wenn er außer dem Perpendikel ist, in den Paral. S. 70. saget.

Harriot schicket Keplern eine Tabelle über die Brechungen in verschiedenen Mitteln, wobey er zugleich auf die verschiedenen Dichtigkeiten der Körper Acht giebt, und bemerket, daß die Brechung sich nicht nach der Dichtigkeit richte. Die Brechung, saget er, sey vermuthlich nichts als eine Zurückwerfung innerhalb des durchsichtigen Mittels. Von den Farben des Regenbogens saget er mit wenigen Worten, die Ursache sey in den einzelnen Tropfen durch die Reflexion auf der hohlen Seite, und die Brechung auf der erhabenen, zu suchen. Er schreibt dies im J. 1606. ist also, ehe noch de Dominis seine Erklärung bekannt gemachet hat, auf die richtige Erklärung gefallen. Kepler hatte in seinem Briefe, warum er Harrioten um die Ursache der Farben bey der Strahlenbrechung befraget, denselben Gedanken geäußert. Nur glaubet er, daß die beyden Strahlen von der Sonne und dem Auge an den Tropfen denselben berühren, weil er bloß in dieser Lage die Farben

für

für möglich hält. Er bemerket auch, daß der Strahl nach einer zweymaligen Zurückwerfung im Tropfen erst aus demselben kommen könnte, irret aber hierbey darinne, daß er daraus einen innern Regenbogen entstehen lassen will. In einem andern Briefe führet Harriot, als eine ihm eigene Wahrnehmung an, daß das Gold, ungeachtet es der dichteste Körper ist, in dünne Blättchen geschlagen, durchsichtig werde, so daß man eine Lichtflamme dadurch erkennen könne, die aber eine grünlichte Farbe bekomme. Die Durchsichtigkeit leitet er bloß aus dem leeren Raume her. Kepler fraget ihn hingegen, warum einige undurchsichtige Körper, wenn sie in Oel getränket sind, durchsichtig werden.

Außer diesem, was ich angeführet habe, kömmt noch einiges optisches in den Briefen an Galileus, an einen Ungenannten, S. 496. und an Remus vor.

Keplers Lebensumstände sind bekannt genug. Er, einer der größten Geister, die Deutschland hervorgebracht hat, mußte von Jugend auf mit Mangel und Widerwärtigkeit kämpfen, daß es nicht zu begreifen ist, wie er in solchen Umständen Freyheit und Heiterkeit des Geistes zu so mancherley Entdeckungen und Arbeiten hat behalten können. Sein äußerst lebhaftes Temperament, das sich in seinen Schriften und Briefen immer äußert, mußte ihn stärken. Kepler ist 1571. d. 27. Dec. gebohren, und 1630. d. 15 Novemb. gestorben.

Fünfter Abschnitt.

Geschichte der Perspectiv.

Die Perspectiv gehöret zwar mehr der Geometrie als der Optik zu, und ist nicht sowohl eine **Wissenschaft**, als vielmehr eine **Kunst**. Weil sie aber doch auf optischen Grundsätzen beruhet, und den Endzweck hat, das Auge durch eine richtige Vorstellung natürlicher Dinge zu vergnügen, so würde ich zu tadeln seyn, wenn ich hier nicht eine kurze Geschichte ihres Ursprunges und Fortganges mittheilete *).

Ob die Perspectiv den Alten bereits bekannt gewesen, daran kann man so ziemlich zweifeln. Hr. **Lessing** in seinem Laokoon und nachher in seinen antiquarischen Briefen, vermeynet es aus mehrern Gründen, und Herr **Lippert** in seiner Dactyliothek findet in allem, was in den Zeichnungen der Alten perspectivisch heissen soll, sehr wenig perspectivisches. **Klotz** suchte zwar das Gegentheil zu behau-

 pten,

a) Dr Priestley hat diese Geschichte auf weniger als zwey Seiten abgethan. In dem übrigen dieses Abschnittes beschäfftiget er sich mit der Erklärung der Vorschriften, wie man die Netzen zu den optischen Anamorphosen machen muß. Da man diese fast in jeder Optik findet, so will ich sie weglassen, und dafür das wichtigste aus der schönen Geschichte der Perspectiv, die Hr Lambert in dem zweyten Theile seiner freyen Perspectiv gegeben hat, einrücken. K.

pten, räumet aber indeſſen ſelbſt ein, daß die Alten nur eine Art von Militairperſpectiv gebrauchet haben [b]).

Beym Vitruv, in der Vorrede zum 7 Buche findet ſich eine merkwürdige Stelle den Urſprung der Perſpectiv betreffend. Da ſie nicht ohne Schwierigkeiten iſt, ſo muß ſie wohl im Original angeführet werden, wo ſie ſo lautet: Namque primum Agatharchus Athenis, Aeſchylo docente tragoediam ſcenam fecit, et de ea Commentarium reliquit. Ex eo moniti Democritus et Anaxagoras de eadem re ſcripſerunt, quemadmodum oporteat ad aciem oculorum, radiorumque extenſionem, certo loco centro conſtituto, ad lineas ratione naturali reſpondere: vti de incerta re certae imagines aedificiorum in ſcenarum picturis redderent ſpeciem, et quae in directis planisque frontibus ſint figuratae, alia abſcedentia alia prominentia videantur. Der Anfang dieſer Stelle iſt bloß hiſtoriſch und leicht. Agatharchus hat, auf Anrathen des Aeſchylus, ſtatt der Gebüſche und Hütten, die man in den älteſten Zeiten zur Auszierung der Schaubühnen brauchete, Vorſtellungen von Gebäuden gemalet. Die Schwierigkeit fängt bey dem quemadmodum an, und geht von da bis zu Ende. Denn, wenn ſich gleich die Stelle von perſpectiviſchen Zeichnungen auslegen läßt, ſo kömmt es auch darauf an, den Vitruv nicht mehr ſagen zu laſſen, als er gewollt oder gekonnt hat. In dem 2 Kap. des 1 Buches findet man eine Stelle, die einiges Licht geben kann. Er erkläret daſelbſt die verſchiedenen Arten von Bauriſſen, und darunter die Scenographie, welche wohl nichts als eine Art perſpectiviſchen Aufriſſes ſeyn kann. Er ſaget: Scenographia eſt frontis et laterum abſcedentium adumbratio ad circinique centrum omnium linearum reſponſus. In beyden Stellen, dieſer und der obigen, möchte wohl von einerley Art von Linien und Mittelpunkten die Rede ſeyn. Denn iſt das centrum der Augenpunkt, gegen welchen allerdings lineae laterum abſcedentium hinlaufen müſſen, wenn ſie als ſich in die Ferne ziehend erſcheinen ſollen. Dieſes erfordert freylich eine genauere Theorie von der Richtung der Lichtſtrahlen, und da Anaxagoras hierüber geſchrieben, ſo ſcheinen er und die folgenden Theatermaler der Griechen nicht ſo ganz ohne theoretiſche Kenntniß der Perſpectiv gemalet zu haben.

Weit kann es aber Agatharchus in der Optik nicht gebracht haben. Denn er lebete zu einer Zeit, da Thales das gleichſchenklichte Dreyeck, und Pythagoras den nach ihm genannten Satz erfand. Die wahre methodiſche Farbengebung wird erſt dem Apollodorus, und noch mehr deſſen Schüler, Zeuxis, zugeſchrieben.

Euklides lebte ungefähr 200 Jahr ſpäter. Er mag der Verfaſſer der ihm zugeſchriebenen optiſchen Schriften ſeyn oder nicht, ſo ſieht man doch, daß man es einige Jahrhunderte nach dem Agatharchus noch nicht weit in der Optik gebracht hat.

Euklides

b) Von dem, in der praktiſchen Mathematik der Alten ſo bewanderten Hrn Prof. Meiſter zu Göttingen, hat man in dem nächſten Theile der Commentarien der dortigen Geſ. der Wiſſ. eine umſtändliche Unterſuchung über dieſe Materie zu erwarten. K.

Euklidens Optik enthält gerade ſolche Sätze, die ſo wie ſind, als Sätze der Perſpectiv können angeſehen werden. Er giebt die Sätze, worauf ſie ſich unmittelbar gründet, an, wenn gleich zum Gebrauche der Maleren noch nähere Beſtimmungen zugefüget werden müſſen. Denn eine perſpectiviſche Geometrie iſt es noch lange nicht.

Die Perſpectiv ſcheint von den Alten nur zu Verzierungen der Schaubühnen, und bey Zeichnungen von Gebäuden, gebrauchet zu ſeyn. In hiſtoriſchen Gemälden wurden die Perſonen neben einander geſtellet, und wenn einige hinter den andern zu ſtehen kamen, wurden ſie etwas höher gezeichnet, ohne daß ſie deswegen entfernter ſchienen.

Wenn nun auch gleich die Alten etwas von der Perſpectiv ſollten gewußt haben, ſo iſt doch nichts davon zu uns gekommen; ſo daß dieſe Wiſſenſchaft in den neuern Zeiten ganz von neuem mußte erfunden werden. Doch iſt Ptolemäus nicht zu vergeſſen, dem man die ſtereographiſche Entwerfung der Kugelfläche zu danken hat, die im eigentlichſten Verſtande perſpectiviſch iſt. Er bewies dabey den Satz, daß wenn das Auge in einem Punkte der Kugelfläche iſt, alle, nicht durch das Auge gehende, Kreiſe der Kugel, wenn ſie auf eine, den gegen das Auge gehenden Durchmeſſer, ſenkrecht ſchneidende Ebene entworfen werden, darauf ebenfalls Kreiſe ſind.

Mit der Malerkunſt lebete zugleich die Perſpectiv wieder auf. Montücla und Saverien führen aus dem Ignatio Dante einen gewiſſen Pietro del Borgo-ſan Stephano an, welcher den Anfang gemachet haben ſoll. Sein Werck iſt ungedruckt geblieben. Balthaſar Peruzzi, der 1536 geſtorben, ſoll es genutzet haben. Vom Ignazio Dante wird im Jſelinſchen Lexicon ein commentario alle regole della perſpettiva di Iac. Barozzi angemerket. Dante ſtarb 1586. Nach Montücla ſoll Pietro del Borgo ein wenig älter als Albrecht Dürer ſeyn, der 1528 geſtorben. Dieſes iſt alles noch zu neu. Der erſte, der an die wahre Verfeinerung der Malerkunſt und an die Perſpectiv gedacht hat, ſcheint Lionardo da Vinci geweſen zu ſeyn, deſſen weder Montücla noch Saverien erwähnen. Man hat von ihm ein Werk über die Malerey, welches lange nach ſeinem Tode herausgekommen, worinn er ſich oft auf ſeinen Tractat von der Perſpectiv beziehet, der aber nicht gedruckt worden iſt. Er lebete von 1445 bis 1520. In dem gedachten Werke machet er aus der Erfahrung die Beobachtung, daß wenn von zwey gleich großen Gegenſtänden der eine von dem andern ſoweit entfernet iſt, wie dieſer wieder vom Auge, jener um die Hälfte kleiner als der erſte vorgeſtellet werden müſſe. Jſt ein dritter gleichweit von dem zweyten entfernet, ſo müſſe er um $\frac{2}{3}$ kleiner gemacht werden, u. ſ. w. Dieſe Wahrnehmung iſt ohne Zweifel älter als das, was vorher vom Pietro del Borgo erwähnet worden iſt.

Aelteſte Geſchichte der Perſpectiv.

Albrecht Dürers Werk, Unterweiſung der Meſſung mit dem Zirkel und Richtſcheit, kam zuerſt 1525. zum zweytenmale 1538. nach ſeinem Tode, ſo wie er es noch ſelbſt vermehrt hatte, heraus. Die Theorie hat er nur durch das Beyſpiel von einem, mittelſt des vorgelegten Grund- und Standriſſes, perſpectiviſch

viſch gezeichneten Würfel erläutert, und zugleich die Entwerfung des Schattens gelehret. Er zeigete auch, wie man ſich beſonders verfertigter Maſchinen zum Nachzeichnen der natürlichen Gegenſtände bedienen könne. Lionardo da Vinci hatte ſchon gläſerne Tafeln gebrauchet. Dürer nimmt ſtatt derſelben einen durch Fäden in kleine Vierecke getheilten Rahmen.

Im J. 1530. kam unter ganz ähnlichem Titel zu Simmern und nachgehends 1546. zu Frankfurt ein ausführliches Werk von der Perſpectiv heraus. Der Verfaſſer hat ſich nicht genannt. Er hat eine deutlichere Anleitung, als Dürers ſeine, geben wollen; allein ob er gleich ausführlichere Beyſpiele giebt, ſo trifft man doch weder Dürers Methode noch geometriſche Genauigkeit bey ihm an. Er weis ſich in ganz leichten Fällen nicht zu helfen, und nimmt oft drey oder vier verſchiedene Augenpunkte an.

Was nach Dürern in der Perſpectiv geſchehen iſt, kömmt ſchlechterdings auf die Abkürzung der Arbeit, auf Erfindung hierzu dienlicher Inſtrumente, auf geſchmeidige Regeln und allgemeine Geſetze der perſpectiviſchen Aufriſſe an. Wie jedes nach dem andern erfunden ſey, läßt ſich wegen der Menge der perſpectiviſchen Schriften nicht genau angeben, wenn man ſie nicht alle vor ſich hat. Pietro del Borgo, Jacob Barozzi, Ignazio Dante, Daniel Barbaro, ſcheinen nach dem, was Montücla von ihnen ſaget, nicht weiter als Albrecht Dürer gekommen zu ſeyn.

Die Erfindung des Diſtanzpunktes und ſeines Gebrauches bey Eintheilung der in den Augenpunkt laufenden Linien wird vom Saverien und Montücla dem Balthaſar Peruzzi zugeſchrieben. Montücla ſaget, Ignazio Dante habe in ſeinem Commentar die Beweiſe davon gegeben. Man findets auch in einer 1611. zu Rom herausgekommenen Auflage: Le due regole della proſpettiva prattica di M. Iacomo Barozzi da Vignola, con i Commentari del R. P. M. Egnazio Dante dell ordine de' Predicatori, Matematico dello ſtudio di Bologna.

Guido Ubaldi gieng weiter, indem er genau erwies, daß jede mit der Tafel nicht gleichlaufende Parallellinien in dem perſpectiviſchen Aufriſſe in einem Punkte des Horizontes zuſammen laufen. Sein Werk kam 1600. heraus, unter dem Titel: Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis Perſpectiuae Libri VI. Piſauri apud Hieronymum Concordiam. Es iſt ganz geometriſch, ohne die Anwendung zu berühren.

Aus dem 16ten Jahrhunderte hat man noch die zu Nürnberg, 1571. herausgekommene Perſpectiv von Lenker. Dieſer bemühet ſich alle nicht zur Zeichnung ſelbſt gehörige Linien wegzulaſſen. Dazu bedienet er ſich einiger Zirkel, Winkelhacken und Faden. Die Arbeit ſelbſt wird dem ungeachtet nicht kürzer.

Dante erzählet in der Vorrede ſeines Commentars, folgendes von der Geſchichte der Perſpectiv aus dem 16. Jahrhunderte. Pietro della Franceſca dal Borgo ſan Sepolcro ſey der erſte geweſen, der nach einer guten Lehrart und Ordnung

Ordnung davon geſchrieben. Man habe von ihm eine Handſchrift in drey Büchern mit trefflichen Zeichnungen, wovon Daniel Barbaro einen großen Theil in ſeine Perſpectiv übergetragen habe. Die gemeinen Regeln dieſer Kunſt habe Sebaſtian Serlio, ſo wie er ſie vom Balthaſar von Siena erlernet, ebenfalls beſchrieben, welche die beyden Franzoſen Jac. Andr. du Cerceau und Joh. Couſin hernach weitläuftiger vorgetragen haben. Pietro Cataneo ſey im Vortrage dem Pietro dal Borgo gefolget. Kürzer ſeyn die gemeinen Regeln beſchrieben von Leonbattiſta Alberti, Lionardo da Vinci, Albert Dürer, Giovanchino Sortio, Joh. Lenker, Wenceslaus Jamnizer, einem Nürnberger, welcher die regulairen Körper und andere zuſammengeſetzte, ſo wie es Pietro dal Borgo gethan, perſpectiviſch aufgeriſſen, ungeachtet ſie nachgehends F. Luca unter ſeinem Namen herausgegeben. Man habe noch ein Buch von der Perſpectiv betitelt *Viator*, (dies iſt der Name des Verfaſſers) welches mehr Figuren als Worte enthalte. Auch beweiſe Commandino geometriſch, wie eine Sache, in allen Fällen perſpectiviſch gezeichnet, ausſehe.

Dante urtheilet nachher, daß von allen dieſen Schriften keine ſo vorzügliche Regeln enthalte, als die zwey von ihm vorgetragenen. Die erſte iſt, daß alle parallele Linien in der perſpectiviſchen Zeichnung in irgend einem Punkte des Horizontes zuſammen laufen; die andere betrifft den Gebrauch der Diſtanzpunkte. Bey dem Gebrauche leget er immer den Grundriß vor.

Geſchichte der Perſpectiv im 17. Jahrhunderte.

Im J. 1642. kam zu Paris eine perſpective pratique von einem ungenannten Jeſuiten heraus, der nach Nicerons Ausſage du Breuil heißt. Dieſer führet in der Vorrede verſchiedene Schriftſteller von der Perſpectiv an, worunter außer einigen ſchon genannten noch ſind, Georg Reich, ein Deutſcher, als der älteſte, im 10. Buche ſeiner Werke; Viator, ein Domherr zu Toul, der viel gute Zeichnungen, aber wenig Anleitung und Regeln gegeben; Sirigaty, Salomon de Caus, Marolois, Vredemen Vrieſſe (eigentlich Vredemann Friſius); Pietra; Accolty; de Vaulezard; Deſargues; Niceron, welches aber noch lange nicht alle ſind, die vor 1642. die Perſpectiv abgehandelt haben. Des du Breuil Werk iſt 1710. von Rembold ins Deutſche überſetzet c).

Der P. Niceron führt in ſeinem Thaumaturgus opticus T. I. d) einige Titel von perſpectiviſchen Schriften an, woraus erhellen ſoll, daß verſchiedene ſeiner Zeit (1646.) als neu angegebene Kunſtgriffe nicht ſo ganz neu ſind. Zu dieſem Ende beruſet er ſich auf des Dante Commentarien, auf des *Pietro Accolti* inganno degli occhi, Florenz, 1625. auf des *Aleaume* nachgelaſſene 1628. gedruckte Introduction

c) Das Original iſt zu Paris 1663. in 2 Quartbänden wieder aufgelegt. Rembold hat das meiſte von dem erſten Theile dieſes Buches unter dem Titel: vollſtändige Anweiſung zur Perſpectiv-Reißkunſt, Augſpurg 1710. 4. deutſch herausgegeben. Käſtners Anfangsgründe, 1 Th. S. 472. K.

d) Dieſes iſt die lateiniſche Ueberſetzung der Perſpective curieuſe eben des Verfaſſers, die zu Paris 1652. 4. herausgekommen iſt, von welcher Montucla urtheilet, daß ſie nichts als geringfügige Kleinigkeiten enthalte. K.

duction à la perſpective etc. e); auf des *Migon* Perſpettive ſpeculative et pratique etc. Paris 1643. 4; wie auch des *de Vaulezard* abregé ou racourci de la perſpective par l'imitation 1631.; und des *Deſargues*, methode univerſelle de mettre en perſpective les objets donnés réellement ou en devis, avec leurs proportions, meſures, éloignemens, ſans employer aucun point qui ſoit hors du champ de l'ouvrage. Ungeachtet der viel verſprechenden Titel einiger dieſer Bücher hält Niceron doch nicht viel darauf.

Lucas Brunnen de monte St. Annae gab 1615. eine praktiſche Perſpectiv heraus, worinn er ein dem Dürerſchen ähnliches Inſtrument beſchreibt. Vom J. 1622. hat man Inſtitutio artis perſpectiuae auct. *Henrico Hondio*. Der Text iſt franzöſiſch. Die Zeichnungen ſind meiſtens architectoniſch, in welchen der Geſchmack und die Auswahl an den Auszierungen beſſer ſeyn könnte.

Die Maniere univerſelle de Mr. *Deſargues* pour pratiquer la perſpective par petit pied comme le géometral, par *A. Boſſe*, graveur en taille-douce kam zu Paris 1648. heraus, mit vielen und ſaubern Kupferſtichen, die in der 1686. zu Amſterdam gedruckten holländiſchen Ueberſetzung nicht ſo ſchön ſind. Boſſe machet zu viel Weſens aus dem Deſargues. Er rühmet ihn als den erſten, der zur Luftperſpectiv Regeln gegeben. Dieſe ſind aber noch nicht beſtimmt genug. Auch hat in Italien da Vinci ſchon lange vorher davon gehandelt.

Der Jeſuit Franciſcus Aquilonius handelt in dem letzten Buche ſeines optiſchen Werkes, Antwerpen 1613. die ptolemäiſche Entwerfung der Kugelfläche und die Gründe der Linearperſpectiv ab. Es kommt darinn nichts beſonders vor, ſo wie auch nicht in des P. Lami traité de Perſpective, Paris 1701, der letztere berühret doch die Luft-Perſpectiv.

Des Andreas Pozzo f) Werk, ſo wie Schüblers ſeines, hat wegen der vielen ſaubern architectoniſchen Zeichnungen für Maler und Baumeiſter immer viel vorzügliches.

Wolf rühmet noch den Andr. Alberti und beſonders den 1711 herausgekommenen eſſai de perſpective von s' Graveſande, wo der Gebrauch des Grundriſſes bey perſpectiviſchen Aufriſſen auf ſehr viele und meiſtens leichte und neue Arten gezeiget wird.

Taylor ff) handelt die Theorie ſehr allgemein ab, weil er die Tafel gleich anfangs als ſchiefliegend annimmt. Ueberdieſes hat er meiſtens neue und überflüßig viele

e) Montücla rühmet es den Künſtlern an. K.

f) Das Original, A. Putei Perſpectiva pictorum et architectorum iſt zu Rom in 2 Bänden groß folio 1693, 1700. herausgekommen; der deutſche Nachdruck 1708, 1711, zu Augſpurg lateiniſch und deutſch. Der Geſchmack dieſes Jeſuiten in der Baukunſt ſcheint mir oft ſehr fehlerhaft. K.

ff) Hr. Prieſtley führet in den Zuſätzen zu ſeinem Werke folgendes aus Robins (tracts. vol. I. Appendix. p. 322) über Taylorn an: Es iſt zwar kein Zweifel, daß Taylor ſeine vortreffliche perſpectiviſche Methode nicht ſelbſt ſollte erfunden haben; allein es hat doch ſchon Guido Ubaldi, in ſeiner zu Peſaro, 1600. gedruckten Perſpectiv, eben dieſelbe vorgetragen, und zwar ſowohl ſehr

viele Benennungen, die ihm zwar mehrere Lehrſätze geben, dabey aber die Theorie ohne Nothwendigkeit weitläuftiger machen. Sein franzöſiſcher Ueberſetzer füget am Ende den erſten Theil aus Murdochs Buche: Newtoni geneſis curvarum per umbras, ſeu perſpectivae univerſalis elementa etc. bey.

Die analytiſch-trigonometriſche Einkleidung der Perſpectiv hat zuerſt Hr. Hofr. Käſtner gewieſen, in der zu Leipzig 1752 herausgegebenen Einladungs-Schrift: Perſpectivae et proiectionum theoria generalis analytica *g*). Hernach hat de la Caille in ſeinen Leçons d' Optique gleichfalls dieſe Anwendung der Trigonometrie und Analyſis auf die Perſpectiv gemachet.

Im J. 1753 gab Hr. Prof. Meiſter zu Göttingen eine Inaugural-Diſputation heraus unter dem Titel: Inſtrumentum ſcenographicum, cuius ope datis obiecti ichnographia et orthographia, invenire ſcenographiam, citra omnem punctorum, linearum interſectionum, circini, numerorum perſpectivae adeo uſum facili licet methodo exponit *A. L. F. Meiſter*. Sie iſt wohl die einige in ihrer Art, und hat mit Dürers und anderer Maſchinen, nichts gemein. Sie gründet ſich auf das Sirogatti Methode, vermittelſt des vorgelegten Grund- und Standriſſes jede Punkte in den perſpectiviſchen Riß einzutragen, mit dem Unterſchiede, daß ſtatt der blinden Linien, die S. vorſchreibt, Hr. Meiſter zwey Lineale und zwey Winkelhaken gebrauchet. Soweit Hr. Lambert *h*).

Bey dieſer Gelegenheit wird es nicht unnütz ſeyn, mit wenigen des Kunſtſtückes zu gedenken, wie man durch erhabene oder andere Spiegel verzogene Bilder in ihrer gehörigen Geſtalt erſcheinen machet, wenn gleich dieſes Werk eigentlich der Geſchichte der Entdeckungen von der Natur des Lichtes, und den davon abhängenden vornehmſten Naturbegebenheiten gewidmet iſt. Wer zuerſt dieſen ſinnreichen Einfall gehabt habe, iſt nicht bekannt. Simon Stevin iſt der erſte, der davon geſchrieben, ſaget aber nicht, von wem er die Sache gelernet habe. Die Gründe dieſer Anamorphoſen.

ſehr deutlich als gründlich. In dem letzten Buche ſeines Werkes wendete er ſeine Methode auf die Theatermalerey an, worinn ihm Sabatellini, in ſeiner Prattica di fabricar ſcene, welche zu Ravenna 1638 neu aufgeleget worden, folget, der auch noch in einem zweyten Buche die Anſtalten zu plötzlichen Veränderungen des Theaters beſchreibt.

g) Iſt auch dem vollſtändigen Lehrbegriffe der Optik dieſes Verf. angehängt. Die Theorie der ſtereographiſchen Horizontalprojection findet man in deſſelben Dilertt. mathem. et phyſ. auch analytiſch abgehandelt. K.

h) Unter den neueſten perſpectiviſchen Schriften iſt folgende, deren Verfaſſer Hr. Lambert iſt, am merkwürdigſten. Sie heißt: die freye Perſpectiv, oder Anweiſung jeden perſpectiviſchen Aufriß von freyen Stücken, und ohne Grundriß zu verfertigen, wovon die erſte Ausgabe zu Zürch 1759. 8. die zweyte vermehrte eb. daſ. 1774 in zwey Theilen herausgekommen. Sie iſt mit der dem Verfaſſer eigenen geometriſchen Scharfſinnigkeit abgefaſſet. Die Methode gründet ſich unter andern vornehmlich auf eine Eintheilung der Horizontallinie in Grade, nach den Winkeln, welchen die zu entwerfende horizontalen Linien mit der Tafel machen. Hr. Lambert tritt zwar in der neuen Ausgabe das Recht des erſten Erfinders an de la Caille ab, der dieſen Kunſtgriff ſchon in ſeinen Leçons d' Optique gelehret hat; er iſt aber unſtreitig ein gutes Theil weiter gegangen, als der Franzoſe. K.

dieſer Kunſt hat Vaulezard in ſeiner Perſpective conique et cylindrique *i*) abgehandelt, und Caſpar Schott geſteht, daß er ſeine Vorſchriften vom Marius Bettinus genommen habe.

Eine mechaniſche Art, die dieſer Schriftſteller vorträgt, iſt folgende. Auf einen Cylinder von Papier oder Pappe zeichnet man die vorzuſtellende Figur. Dieſe durchſticht man längſt dem Umriſſe mit einer Nadel, ſetzet ein Licht hinter den Cylinder, läßt den Schatten auf die Grundfläche, worauf der Cylinder ſteht, fallen, und zieht den Schatten nach, der das verzogene Bild giebt. Darauf ſetzet man einen metallenen cylindriſchen Spiegel ſtatt des von Pappe, und giebt dem Auge vor demſelben eben die Lage, welche das Licht hinter ihm vorher hatte. Auf ſolche Art wird das verzogene Bild durch den Spiegel in ſeiner gehörigen Geſtalt erſcheinen, zwar nicht völlig genau, aber doch ſo viel, als zu der Abſicht hinlänglich iſt *k*).

In der Folge erfand man genauere und geometriſchere Methoden, auch ohne Hülfe eines Lichtes das verzogene Bild zu zeichnen. Schott führet verſchiedene an, aus dem Bettinus, Herigonius und Kircher *l*). Er zeiget auch dieſelbe Sache für coniſche und andere Arten von Spiegeln. Doch iſt die beſte, welche Smith in ſeiner Optik vol I. p. 250. *m*) beſchreibt, nach welcher ein jeder ſich die Zeichnung leicht entwerfen kann.

Die mechaniſchen Arten dergleichen Bilder zu zeichnen, ſind wohl zu der größten Vollkommenheit von J. Leupold gebracht worden, der in den Actis Lipſienſ. a. 1712. zwey Inſtrumente, eines zu Zeichnung cylindriſcher Bilder, und das andere zu coniſchen Bildern beſchreibt. Wer ein ſolches Werkzeug hat, darf nur auf jeder beliebigen Zeichnung den Umriß mit der einen Reißfeder nachziehen, ſo zeichnet eine zweyte Feder das verzerrete Bild.

J. G. Leutmann hat eine ſinnreiche Methode angegeben, wie eine Figur in eine ganz andere verwandelt werden kann, wenn man ſie durch ein Rohr betrachtet, das mit verſchiedenen reflectirenden Ebenen *n*) verſehen iſt. Die umſtändlichere Beſchreibung findet man in den (alten) Commentariis Petropol. vol. IV. pag. 202. oder in der von eben dem Verfaſſer zu Wittenberg 1719. herausgegebenen deutſchen Schrift *o*), worauf er ſich daſelbſt beziehet.

i) Saverien, hiſtoire, p. 256. Montucla vol. I. p. 627. (Sie iſt 1630. 8. herausgekommen. K.)

k) Schotti magia, vol. I. p. 160.

l) Ibid. p. 162.

m) Der d. A. S. 93 ff. Oder beym Wolf, elem. Catoptr. cap. V. K.

n) Es kommen keine Spiegel hinein, ſondern ein Rautenglas (polyedrum) das 24 dreyeckigte Flächen hat, die ohngefähr nach der Krümmung einer Parabel an einander geſetzet ſind. Die Zeichnung geſchieht mechaniſch, ohne geometriſche Kunſtgriffe, iſt alſo nur ein artiges Spielwerk. K.

o) In den Anmerkungen vom Glasſchleifen. K.

Dritte Periode.

Entdeckungen des Descartes und seiner Zeitgenossen.

Descartes war derjenige, dem es zuerst glückte, den Aristoteles aus den philosophischen Schulen zu verdrängen. Denn wenn gleich seit der Wiederherstellung der Wissenschaften die Ehrfurcht für das Ipse dixit des Stagyriten nicht mehr so allgemein war, und manche selbst zu denken angefangen hatten, wie Telesius in Italien, Lord Bacon in England; so hatte doch keiner ein genugsames Ansehen sich verschaffen können, um seinen Namen dem Aristotelischen entgegen zu setzen. Es mußte ein neues und allgemeines System der Philosophie seyn, dem dieses gelingen sollte. Die Cartesianische Philosophie erhielt nach einigem Widerspruche, den jede neue Sache sich gefallen lassen muß, eine solche allgemeine Aufnahme, daß die Welt in Gefahr war, anstatt von der bisherigen Knechtschaft frey geworden zu seyn, nur einen neuen Herrn bekommen zu haben.

Die Wahrheit zu sagen, Descartes hatte den Ruf, den er so lange behauptet, mehr seiner fruchtbaren und kühnen Einbildungskraft, die ihn auch zu manchen Irrthümern verleitete, als einer scharfen Beurtheilungskraft und wirklichen Entdeckungen, zu danken. In keinem Theile der Naturwissenschaft hat er mehr geleistet, als in der Optik [a]); aber waren es nicht seine Wirbel, die ihm auf den Thron der Philosophie erhoben? Das Cartesianische System konnte nur durch das Newtonianische gestürzt werden, das allem Anscheine nach, so lange stehen wird, als das Weltgebäude, dessen Gesetze es auf eine so einleuchtende Art entfaltet.

Descartes Verdienste um die Optik sind wirklich groß, aber er ist doch in diesem Zeitraume nicht der einzige, der sie bereichert hat. Außer dem Snellius, der den nächsten Schritt zur Entdeckung des wichtigen Gesetzes der Strahlenbrechung that, hatte er noch andere berühmte Zeitgenossen, besonders den berühmten Jesuiten Scheiner, Beichtvater des Erzherzoges von Oesterreich, der mit Descartes in demselben Jahre starb, aber älter als derselbe war. Dieser war es, der, wie wir oben gesehen haben, Keplers Entwürfe anderer Gattungen von Fernröhren, als das ursprüngliche oder Galileische war, zur Ausführung brachte; der auch, in Absicht auf die Entdeckung der Sonnenflecken, mit Galileus vielleicht gleichviel Verdienst hat. Sein Buch, Oculus [b]) betitelt, ist im Ganzen eine sehr schätzbare

a) Um die Algebra und ihre Anwendung auf die Geometrie hat Descartes sich noch mehr verdient gemachet. Wenn seine Wirbel ihm den philosophischen Thron verschaften, so müssen seine mathematischen Entdeckungen ihn jetzt vor dem Staube der Vergessenheit bewahren. K.

b) Es ist zu Inspruck, 1619. 248. Quartseiten heraus gekommen. Er untersuchet darinne den Bau des Auges, die Brechung in

Schrift, voll ſinnreicher und wichtiger Bemerkungen, über die Beſchaffenheit des Sehens.

Noch ein Zeitgenoſſe und zugleich ein Nebenbuhler des Descartes in der Philoſophie war der berühmte **Gaſſendi**, der zwar gegen ihn nicht völlig aufkommen konnte, aber doch viele Nachfolger hatte, die im Gegenſatz der **Carteſianer**, **Gaſſendiſten** genannt wurden. Gaſſendi ſchrieb ziemlich umſtändlich über das Licht und die davon abhängenden Naturbegebenheiten. Er hielt ſich aber genau an den Epikurus, behauptete das Licht ſey körperlich, und die Sichtbarkeit der Gegenſtände rühre von Partikeln her, die immerfort von der Oberfläche der Dinge abfließen. Seine Beantwortungen der Einwürfe gegen dieſe ſonderbare Meynung ſind umſtändlich und ſcharfſinnig genung; aber man wird wohl nicht erwarten, daß ich ſie hier vortragen ſollte. Durch Verſuche hat dieſer Philoſoph nichts zur Erweiterung der Optik beygetragen; und überhaupt, wenn er gleich ſonſt ein großer Mann war, kann man ihm in dieſem Fache kein ſonderliches Verdienſt zugeſtehen. Er war mehr Litterator, als Naturforſcher.

Sowohl gegen das Carteſiſche als auch das vom Gaſſendi wieder aufgebrachte Epikuräiſche Syſtem bekam das alte Ariſtoteliſche einen Vertheidiger an dem **du Hamel**, dem erſten Secretaire der Königlichen Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris. Dieſer unterſuchet und widerleget jene beyden Syſteme ſehr umſtändlich in ſeiner 1681. herausgekommenen Aſtron. phyſica, und vertheidiget dagegen ſehr eifrig die Ariſtoteliſche Lehre vom Lichte, nach welcher es als eine Eigenſchaft der Körper angeſehen wird.

Auch lebte um dieſe Zeit **Aquilonius** c), ein Jeſuit aus Brüſſel, der 1613. ein weitläuftiges Werk über die Optik herausgab. Es iſt ſehr ſyſtematiſch und vollſtändig, beſonders in Abſicht auf den mathematiſchen Theil; enthält aber wenig phyſikaliſches und nichts eigenes von Wichtigkeit.

Ja nicht zu vergeſſen iſt der arbeitſame und ſinnreiche **Athanaſius Kircher**, einer der vornehmſten Naturkündiger und Mathematiker ſeiner Zeit. Er war mit Descartes ohngefähr von gleichem Alter, lebte aber dreyßig Jahr länger. Sein großes und prächtiges Werk, Ars magna lucis et vmbrae d), muß zu der Zeit, da

in den Feuchtigkeiten, beweiſt weitläuftig, daß der Sitz des Sehens auf der Netzhaut ſey, und trägt darauf eine Menge Fragen und Wahrnehmungen über den Sehewinkel vor. K.

c) Er iſt ſchon 1617. geſtorben. Das Buch führet den Titel: Franciſci Aquilonii e S. I. opticorum libri ſex, Antwerp. 1613. fol. 684 S. Der Verfaſſer wollte die Katoptrik und Dioptrik eben ſo weitläuftig abhandeln, als er es hier mit der Optik gethan hat. Es iſt gut, daß der Vortrag der Wiſſenſchaften auf einer Seite wieder eingeſchränket wird, wenn er auf der andern wegen der neuen Entdeckungen weitläuftiger wird. Was würde man ſonſt ſeit 1613 für ein ungeheuer Syſtem der Optik haben! die erſten vier Bücher betreffen das Sehen, das fünfte die Lehre vom Lichte und Schatten; das ſechſte handelt die Projectionen ab, die orthographiſche, die ſtereographiſche, (dieſe Benennung hat er zuerſt aufgebracht, pag. 572) und die ſcenographiſche. Das letzte Buch iſt vielleicht noch am meiſten zu brauchen. Die Jeſuiten ſcheinen zu den geometriſchen Künſteleyen beſonders aufgeleget geweſen zu ſeyn. K.

d) Iſt zu Rom 1646. fol. 935. S. ſtark herausgekommen. Es ſtecket voll Spielwerke vom Anfange bis zum Ende. K.

da es herauskam, als ein Meiſterſtück angeſehen worden ſeyn. Kircher entdeckte zwar keine neue Eigenſchaft des Lichtes, erklärte auch keine der Hauptbegebenheiten in der Natur beſſer, als man es vor ihm gethan hatte; demohngeachtet wird man in dem gegenwärtigen Abſchnitte dieſer Geſchichte ſehen, daß die Optik ihm vieles zu danken habe.

Zuſatz des Ueberſetzers.

Ich ſetze noch den Freund und Nachahmer Kirchers, den Jeſuiten Caſpar Schott, hinzu, der unter andern Curioſis auch eine Magiam univerſalem naturae et artis geſchrieben hat, die zu Würzburg 1657 in 4 Quartbänden herausgekommen, wovon der erſte die optiſchen Kunſtſachen begreifet. Das meiſte ſcheint aus Kirchern genommen zu ſeyn, und betrifft größtentheils nur Spielwerke. Schott iſt zu Königshofen im Würzburgiſchen 1608 gebohren, iſt zu Palermo und hernach zu Würzburg Profeſſor der Mathematik geweſen, an welchem letztern Orte er 1666 geſtorben iſt.

Kircher war aus dem Fuldaiſchen gebürtig, lehrete zuerſt zu Würzburg und in der Folge zu Rom die Mathematik in dem Jeſuitercollegio. Er ſtarb daſelbſt 1680 im 80ſten oder 82ſten Jahre ſeines Alters.

Johann Baptiſta du Hamel aus der Normandie iſt 1624 gebohren, und 1706 geſtorben. Seine Aſtronomia phyſica, die ſchon 1660 herausgekommen, iſt in Dialogen geſchrieben. Seine hiſtoria regiae ſcientiarum Academiae iſt 1698, und vermehret 1701 herausgekommen. Er wird wegen ſeiner ſchönen lateiniſchen Schreibart gerühmet.

Erſter Abſchnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen die Strahlenbrechung betreffend.

Das Geſetz der Strahlenbrechung hatten ſowohl Alhazen als Vitellio zu entdecken geſuchet, und in dieſer Abſicht einige Verſuche angeſtellet. Aber natürlicher Weiſe fielen ſie auf Vergleichung der Winkel ſelbſt, nicht ihrer Sinus oder Secanten; verfehleten alſo die Wahrheit. Selbſt Kepler, der in neuern Zeiten ſich ſo ſehr darum Mühe gab, dachte auf keine andere Methode *a*). Alles Fleißes ungeachtet konnte er, und andere Naturforſcher, nicht weiter kommen, als bis zu der Bemerkung, daß wenn der Einfallswinkel ins Glas unter 30 Gr. iſt, der Brechungswinkel ohngefähr zwey Drittel deſſelben ſey. Hiermit waren die Naturforſcher

a) In der Nachricht, die ich oben von Keplers Schriften gegeben, iſt bemerket, daß K. ſich nicht bloß an die Winkel gehalten hat. K.

ſcher dieſes Zeitalters, darinn die Geometrie ſehr bearbeitet ward, und man ihre Genauigkeit alſo gerne in andern Sachen auch erreichen wollte, nicht zufrieden.

Scheiners Beobachtungen der Strahlenbrechung

Scheiner ſpürete dem Geſetze der Brechung gleichfalls nach, und maaß das Verhältniß des Einfalls- und Brechungswinkels aus Luft in Waſſer von Grad zu Grad mit vieler Genauigkeit. Die Reſultate ſeiner Beobachtungen brachte er in eine Tabelle, welche man in Kirchers Ars magna, p. 680. findet.

und Kirchers.

Mit vieler Sorgfalt und Mühe verfertigte Kircher aus wirklichen Verſuchen eine Tafel der Brechungen für jeden Einfallswinkel, die er ſogar in einzelnen Minuten angab. Er beobachtete auch die Brechungen im Weine, Oele und Glaſe. Man findet dieſe Tafeln, und die Art, wie ſie verfertiget ſind, in der Ars magna p. 672. 682 b). Dieſe Unterſuchungen mögen ſo lange, als man das wahre Geſetz der Brechung noch nicht kannte, von großem Nutzen geweſen ſeyn. Da Kirchers Werk bald nach Carteſens Dioptrik herauskam, ſo muß er wohl ſeine Verſuche vor der Entdeckung des Geſetzes der Brechung gemachet haben, aber eine zu kurze Zeit vorher, als daß man einen beträchtlichen Gebrauch davon machen konnte.

Einigen Leſern wird es vielleicht angenehm ſeyn, wenn ich hier Kirchers Methode, die Brechung zu meſſen, beſchreibe, beſonders da ſie vermuthlich dieſelbe iſt, deren ſich Alhazen, Vitellio, Scheiner und andere alte Optiker mögen bedienet haben.

fig. 22.

CDE iſt ein hohles Gefäß, eine vollkommene Halbkugel, an welchem ein genau eingetheileter Quadrant CO, mit einer Hülſe G, befeſtiget iſt. Um den Mittelpunkt B beweget ſich die Regel OE, dergeſtalt, daß ſie mit dem einen Ende längſt der innern Seite des Gefäßes, an welcher auch ein eingetheilter Quadrant verzeichnet iſt, und mit dem andern Ende längſt dem Quadranten CO ſich beweget. Die brechende Kraft eines flüßigen Körpers durch dieſes Werkzeug zu erforſchen, füllete er es erſtlich damit bis an den Mittelpunkt B an, neigete alsdenn die Regel OE unter einem gewiſſen Winkel, und beobachtete ſowohl die Stelle, wo die Regel das Gefäß wirklich berührte, als auch wo ſie es, wegen der Brechung, zu berühren ſchien, indem er längſt der Regel hinſah. Oder, ohne die Regel zu gebrauchen, konnte man in dem flüßigen Körper den Weg eines Sonnenſtrahls beobachten, der durch eine Diopter an dem Quadranten auf den Mittelpunkt B fiel c).

Kirchers Tafeln der Brechungen aus Luft in Waſſer und Glas ſind ein wenig von des Vitellio ſeinen unterſchieden, die er nebſt den ſeinigen einrücket, daß ſeine Leſer beyde vergleichen möchten.

Snellius entdecket das Geſetz der Brechung.

Endlich ward dieſe Hauptentdeckung in der Optik, nämlich des wahren Geſetzes der Strahlenbrechung, gemachet, und zwar, nur noch nicht ganz vollkommen, von

b) Kircher giebt die Brechungen im Weine, Oele und Glaſe für Einfallswinkel von 10. zu 10 Gr. an, aus Beobachtungen. Ferner berechnete er, nach Keplers oben von mir angezeigter Methode für alle Einfallswinkel von Grad zu Grad, die Brechungswinkel im Waſſer, bis auf Secunden.

c) Ars magna p. 681. (Kircher erwähnet keiner Hülſe (ſlide), ſondern nur eines Diopterlineals an dem Quadranten, ſtatt deſſen auch eine feine Röhre dienen könne. Er hat ſtatt der Hülſe ein Auge undeutlich hingezeichnet. K.)

von Willebrordus Snellius, Profeſſor der Mathematik zu Leiden d). Er verſtand ſeine eigene Entdeckung nicht völlig, lebete auch nicht lange genug, um ſie bekannt machen zu können; aber ſeine Handſchrift, darinn er ſie beſchrieben, hat Huygens geſehen. Auch erzählet Voſſius in ſeiner Schrift de natura lucis, daß der Profeſſor Hortenſius dieſe Entdeckung ſowohl in ſeinen Lehrſtunden, als auch ſonſt vorgetragen hätte. Descartes machete ſie hernach in ſeinen Schriften bekannt, mit etwas veränderter Form des Ausdruckes, ohne den Erfinder zu nennen, deſſen Schrift er, wie Huygens gehöret hat, geſehen haben ſoll.

Snellius kam vermuthlich durch die Erfahrung auf ſeine Entdeckung. Sie beſtand, nach Huygens, in folgendem e): Es ſey AB die Oberfläche eines dichtern Mittels, als des Waſſers, darinn D ein ſichtbarer Punkt, der einem Auge in F in der geraden Linie FC erſcheinet. Dieſe FC verlängerte er, bis ſie der, durch D auf die Oberfläche des Waſſers ſenkrechten DA in G begegnete. Nun nahm er an, daß das Bild des Punktes D in G erſchiene, und daß die geraden Linien, CD und CG, ein unveränderliches Verhältniß zu einander hätten, nämlich im Waſſer das von 4 zu 3. Dieſes iſt ganz richtig, und kömmt mit dem Geſetze der Strahlenbrechung, wie man es in der Folge ausgedruckt hat, überein. Denn es iſt CD zu CG, wie der Sinus DGC oder AGC oder HCF, zu dem Sinus des Winkels CDG oder DCE. Das heißet der Sinus des Einfallswinkels hat zu dem Sinus des Brechungswinkels ein unveränderliches Verhältniß. Aber, ſaget Huygens, auf das Verhältniß der Sinus dachte Snellius nicht, und glaubete, daß hier alles auf das ſcheinbare Bild der Sache ankäme, daß er ſogar in dem ſenkrechten Strahle, wie HC, eine Wirkung der Brechung, oder eine Verkürzung des Sehestrahls annahm, weil er ſich dadurch verführen ließ, daß der Boden eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes, wenn man auch ſenkrecht von oben darauf ſiehet, ſich allenthalben zu erheben ſcheinet. Dieſes iſt aber aus den Strahlen, die nach beyden Augen zugehen, zu erklären. fig. 23.

Descartes erwähnet keines Verſuches, den er zur Entdeckung dieſes Geſetzes gemachet hätte, ſondern kleidet es als eine Folgerung aus ſeinen Unterſuchungen über die Zurückwerfung und Brechung ein. Er drücket es etwas anders, und bequemer aus, als es Snellius vorgetragen, da er ſtatt des Verhältniſſes der Secanten das Verhältniß der Sinus brauchet. Descartes Vortrag dieſes Geſetzes.

* Vor ihm hatte man es noch nicht gewaget, die Urſache der Brechung zu erklären. Er verſuchete ſie aus mechaniſchen Grundſätzen, durch die Zerlegung der Kräfte, anzugeben. Zu dem Ende nahm er an, daß die Geſchwindigkeit des Strahls, wenn er aus dem dünnern Mittel in das dichtere übergeht, vermehret werde, oder daß er das dichtere Mittel leichter durchdringe. Es ſey AB der einfallende Strahl, deſſen Bewegung nach den zwey Richtungen BC, in der Oberfläche fig. 24.

des

d) Er iſt 1626. im 35ſten Jahre ſeines Alters geſtorben. Er iſt auch der erſte, der den rechten Weg zur Ausmeſſung der Größe der Erde betreten hat. K.

e) Hugenii Dioptr. p. 2.

des Waſſers, und BH, der ſenkrechten auf dieſe Oberfläche zerfället werde; worauf das Parallelogramm AHBC vollendet, und ein Kreis mit AB um B beſchrieben wird. Iſt nun die Geſchwindigkeit in dem dichtern Körper um ein drittheil größer als die in der Luft, ſo beſchreibt der Strahl in jenem Mittel denſelben Weg in zwey Zeittheilen, den er vorher in drey Zeittheilen beſchrieb, weil die Geſchwindigkeiten bey gleichen Räumen ſich umgekehrt, wie die Zeiten verhalten. Man nehme auf der verlängerten BC das Stück $BE = \frac{3}{2} BC$, ſo muß der Strahl in zwey Zeittheilen nunmehr ſowohl den Halbmeſſer des Kreiſes beſchreiben, als auch nach der Richtung BE um das Stück BE fortgegangen ſeyn, indem die Geſchwindigkeit nach BE nicht verändert wird. Er kann alſo ſeinen Weg nicht nach der geraden Linie ABD genommen haben, ſondern muß den Kreis in I treffen, wo die auf EB ſenkrechte EI den Kreis ſchneidet. Auf ſolche Art iſt freylich das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels, AH oder CB, zu dem Sinus des Brechungswinkels, BE oder GI unveränderlich, nämlich das umgekehrte Verhältniß der Geſchwindigkeiten in dem erſten und zweyten Mittel. Und man brauchet für jedes Mittel nur eine Beobachtung anzuſtellen, um durch Rechnung für jeden Einfallswinkel den Brechungswinkel zu beſtimmen *f*).

Einwürfe dagegen.

Der erſte, der die Wahrheit dieſer Erklärung in Zweifel zog, war **Fermat**, Parlamentsrath zu Toulouſe, ein ſehr geſchickter Mathematiker *g*). Er behauptete gegen Descartes, daß das Licht im Waſſer mehr Widerſtand als in der Luft antreffe, ſo wie im Glaſe mehr als im Waſſer; und die Größe des Widerſtandes in verſchiedenen Mitteln verhalte ſich, in Abſicht auf das Licht, wie ihre Dichtigkeiten. **Leibnitz** nahm dieſen Gedanken überhaupt an; und ſchloß mit dem Fermat folgendergeſtalt *h*).

Theorie aus den Endurſachen.

Die Natur erreichet ihre Endzwecke auf die kürzeſte Art. Alſo muß das Licht von einem Punkte zum andern entweder auf dem kürzeſten Wege, oder in der kürzeſten Zeit gehen. Nun iſt der Weg des Lichtes von einem Punkte in dem dünnern Mittel, zu einem Punkte in dem dichtern, woferne ſie nicht in einer ſenkrechten Linie auf

f) Carteſii Dioptr. p. 52. (Die Dioptrik iſt urſprünglich franzöſiſch geſchrieben, und in dieſer Sprache 1637. herausgekommen. Sie iſt hernach unter des Verf. Aufſicht ins lateiniſche überſetzt, und von ihm an verſchiedenen Stellen verbeſſert worden. K.)

g) Von Fermats Streite mit Descartes handelt umſtändlich Montucla, vol. 2. p. 188.

h) Fermats und Leibnitzens Gedanken ſind noch ziemlich verſchieden. Jener nahm an, das Licht gehe in dem dichtern Mittel langſamer als in dem dünnern; dafür ſey der Weg in dem dichtern ſo viel kleiner, daß die Zeit auf dem ganzen Wege in beyden Mitteln ein kleinſtes werde. Seine Rechnung gab ihm: daß die Einfalls- und Brechungs-Sinus ſich umgekehrt wie der Widerſtand verhalten.

Leibnitz ſagete, das Licht nehme den leichteſten Weg; die Leichtigkeit hänge ſowohl von der Länge des Weges als von dem Widerſtande ab. Nun findet er durch die Differentialrechnung, daß jene Sinus ſich umgekehret wie der Widerſtand verhalten. Er giebt auch, wie Descartes, dem Strahle in dem dichtern Mittel mehr Geſchwindigkeit, ungeachtet er ihn daſelbſt mehr Widerſtand antreffen läßt. S. Montucla hiſt. vol. 2. p. 190. Acta Erudit. 1682. pag. 185-190. K.

auf die gemeinſchaftliche Oberfläche liegen, offenbar nicht der kürzeſte. Er muß alſo ſo beſchaffen ſeyn, daß er die wenigſte Zeit erfordert. Nun läßt es ſich beweiſen, daß, wenn das Licht bey ſeinem Uebergange aus einem Mittel in das andere die kürzeſte Zeit auf dem Wege von einem Punkte in jenem, zu einem Punkte in dieſem, gebrauchen ſoll, es ſo gebrochen werden muß: daß die Einfalls- und Brechungsſinus ſich wie die verſchiedenen Leichtigkeiten verhalten, womit das Licht dieſe Mittel durchdringt. Daraus folget, daß, weil das Licht, wenn es ſchief auf die Fläche des Waſſers fället, nach dem Perpendikel zu gebrochen wird, und daher der Sinus des Brechungswinkels kleiner als der Sinus des Einfallswinkels iſt, die Leichtigkeit, damit es durchs Waſſer geht, kleiner iſt, als die bey dem Durchgange durch die Luft. Und das Licht findet alſo im Waſſer mehr Widerſtand als in der Luft.

Dieſe Art, aus den Endurſachen zu ſchließen, war für Philoſophen nicht genugthuend. Fermat ſelbſt war nicht recht damit zufrieden, und wandte ſich deshalb an de la Chambre, der ihm aber auch nicht helfen konnte.

Ich bediene mich dieſer Gelegenheit, eine Vorausſetzung des Dechales zur Erklärung der Strahlenbrechung anzuführen. Er nimmt an, jeder Lichtſtrahl, wie BCAD, ſey aus mehrern, an einanderhängenden Lichtſtrahlen zuſammengeſetzet. Dieſe würden, meynet er, bey dem Uebergange in ein dichter Mittel, nach dem Einfallslothe deswegen hingebrochen, weil ein Theil des Strahls, wie B, mehr Widerſtand leidet, als ein anderer, A, weswegen B, einen kleinern Raum durchläuft als A; daß alſo der Strahl ſich gegen den Perpendikel zu neigen muß. Der berühmte Dr. Barrow nahm dieſe Erklärung an, wo er nicht gar der Urheber derſelben iſt. Aber Dechales ſelbſt iſt nicht damit zufrieden. Nach dieſer Erklärung müſſen Mittel, von einer größern brechenden Kraft, dem Durchgange des Lichts mehr widerſtehen, als ſolche, die eine geringere brechende Kraft haben, welches aber der Erfahrung zuwider iſt i).

Zweyter Abſchnitt.

Erklärung des Regenbogens nach Descartes.

Ein Hauptverdienſt um die Optik hat Descartes ſich durch ſeine Erklärung des Regenbogens gemachet, wobey er den Weg verfolgete, den de Dominis ſchon eingeſchlagen hatte; welcher aber den äußern Regenbogen irrig erklärete, und keine Urſache angab, warum beyde Bogen den Halbmeſſer, unter welchem ſie dem Auge des Zuſchauers erſcheinen, und keinen andern haben. Beydes hat Descartes

i) Saverien Dictionn. vol. 2. p. 368. (Montucla eignet dieſe Erklärung, die er aber, nach dem Barrow, etwas anders vorträgt, dem P. Maignan, als vermuthlichen Urheber zu. Hobbes, und in den neuern Zeiten, Rizzetti, hätten ſie, ſaget er, auch angenommen. K.)

tes sehr gut auseinander gesetzet, nur war er noch nicht so glücklich, den Grund der Regenbogenfarben angeben zu können.

Carteſens Erklärung. fig. 26.

Der äußere Regenbogen, saget er, wird durch zwey Zurückstrahlungen und zwey Brechungen in einem Wassertropfen hervorgebracht, wie in B, wo S die Sonne, O das Auge des Zuschauers vorstellet, das einen Lichtstrahl, nach zweymaliger Zurückwerfung im Tropfen B, und zweymaliger Brechung, einmal beym Eintritte unten im Tropfen, und zum andernmal oberhalb beym Ausgange erhält. Hingegen bey dem innern Regenbogen fähret der Strahl oberhalb in den Tropfen A hinein, wird innwendig einmal zurückgeworfen, und alsdenn unterhalb beym Ausgange nach dem Auge hingebrochen [a]).

Versuch zur Bestätigung. fig. 27.

Diese Erklärung gründet er auf folgenden Versuch. Er nahm eine mit Wasser gefüllte gläserne Kugel BCD, hieng sie gegen die Sonnenstrahlen, die von der Seite AFZ herkamen, auf; stellete sein Auge in E, und fand, daß der Theil bey D immer roth erschien, wenn nur der Strahl DE mit der Linie EM, welche man in Gedanken durch das Auge nach der Sonne ziehen muß, einen Winkel von ohngefähr 42 Grad machte. Sobald er diesen Winkel ein wenig größer nahm, verschwand die Röthe; machte er ihn ein wenig kleiner, so kamen gelbe, himmelblaue und andere Farben an der Kugel zum Vorscheine. Sah er hierauf nach der Gegend bey K, und der Winkel bey KEM war etwa 52 Grad, so zeigte sich auch da ein rother Fleck, aber nicht so helle, wie vorher bey D. Machte er den Winkel ein wenig größer, so erschienen daselbst andere wiewohl mattere Farben, und ward der Winkel ein wenig kleiner genommen, so sahe er gar keine. Also, saget er, ward der Strahl AB in B gebrochen, in C zurück geworfen, und beym Ausgange in D nach E wieder hin gebrochen. Denn sobald er eine der Linien AB, BC, CD, DE, durch einen dunklen Körper auffieng, verschwand die rothe Farbe; wenn er aber gleich die ganze Kugel, bloß die Punkte B, D, ausgenommen, bedeckete, so blieb die Kugel bey D helle roth. Die rothe Farbe bey K, saget er, entsteht von den Strahlen, die von F nach G kommen, daselbst nach H hin gebrochen, in I sowohl als K zurück geworfen, und beym Ausgange in K nach dem Auge hin gebrochen werden [b]).

Vergleichung der Regenbogenfarben und der prismatischen.

Nun blieb ihm aber eine Hauptschwierigkeit übrig. Nämlich, wenn die Kugel auch eine andere Lage, als die beyden angezeigten hat, so können doch nach zwey Brechungen,

a) Ein Hauptumstand hierbey ist, daß die Strahlen, welche die Empfindung einer Farbe an dem Tropfen verursachen, parallel ins Auge kommen, wie sie von der Sonne her auf die Tropfen fallen. Montücla, und nach ihm Prieſtley, lassen dies dem Descartes bemerken, der aber nichts davon saget, wenn man es gleich aus seinen Bemerkungen herleiten kann. Ueberhaupt möchte man von diesen beyden Schriftstellern Descartes Erklärung wohl nicht recht kennen lernen. Deswegen habe ich in diesem Abschnitte mich genau an Descartes selbst gehalten, und mir nur die Freyheit noch dazu genommen, ein paar kritische Bemerkungen einzustreuen. Die Carteſianische Erklärung des Regenbogens ist in dem 8 Kap. seiner Schrift de meteoris enthalten. K.

b) Kircher führet diesen gedoppelten Versuch mit der Glaskugel auch an, Ars magna, p. 35. Ob er ihn schon vom Descartes genommen, oder den Versuch, den man dem de Dominis zuschreibt, erweitert habe, kann ich nicht sagen. K.

Brechungen, und einer oder zwey Zurückwerfungen, Strahlen ins Auge kommen. Demohngeachtet erblicket man doch keine Farben. Deswegen, erzählet er, habe er nachgedacht, ob man nicht eine andere Sache finden könnte, die ebenfalls Farben hervorbrächte, damit er durch Vergleichung derſelben mit den Waſſertropfen, deſto eher von der Urſache der Farben urtheilen möchte. Hier wäre ihm das gläſerne Prisma eingefallen. Er habe alſo eines genommen, deſſen Seiten MN, NP vollfig. 23.
kommen eben, und gegen einander unter einem Winkel von etwa 30 oder 40 Gr. geneigt geweſen. Hierauf habe er die Sonnenſtrahlen ABC auf MN ſenkrecht fallen laſſen, und die Seite NP mit einem dunkeln Körper bedecket, worinne er ein kleines Loch, DE gelaſſen. Die Strahlen, welche durch dieſe Oeffnung auf das weiße Papier FGH gefallen, hätten daſelbſt alle Regenbogenfarben entworfen, die rothe Farbe in F, die violetne in H. Hieraus folgert er, daß weder eine gewiſſe Figur des durchſichtigen Körpers, noch die Zurückwerfung der Strahlen, noch eine mehrmalige Brechung zur Hervorbringung der Farben nothwendig ſey; aber daß wenigſtens eine Brechung erfordert werde; und, ſetzet er hinzu, auch noch Schatten, oder eine Einſchränkung des Lichtes. Denn, ſaget er, ohne den dunkeln Körper bey NP verſchwinden alle Farben; und wenn die Oeffnung DE ziemlich groß gemachet wird, ſo breiten ſich deswegen die Farben bey F und H nicht weiter aus; aber der mittlere Raum bey G bleibt weiß.

Bis hieher iſt alles vortrefflich, nur den letzten Zuſatz, die Nothwendigkeit des Schattens betreffend, ausgenommen. Nun wollte aber Descartes ſo weit dringen, als es uns vermuthlich die Natur nie erlauben wird; er wollte die Quelle der Farben entdecken. Newton ſelbſt fand nichts mehr, als daß die Strahlen, welche die Empfindungen verſchiedener Farben erregen, eine verſchiedene Brechbarkeit beſitzen. Hätte Descartes aus ſeinem Verſuche die unmittelbare Folge gezogen, daß die rothen Strahlen am wenigſten, die violetnen am meiſten gebrochen werden, und darauf weiter fortgebauet, ohne den Grund dieſer Erſcheinung vergeblich zu ſuchen, ſo hätte er Newtonen vieles vorwegnehmen können. So aber, weil er zu viel erklären wollte, erklärete er nichts Er meynet, die Kügelchen, daraus er das Licht beſtehen läßt, hätten eine verſchiedentliche Bewegung um ihre Axe; diejenigen, welche am geſchwindeſten ſich dreheten, erweckten die Empfindung der rothen Farbe; die, welche ein wenig langſamer ſich dreheten, die Empfindung der gelben, u. ſ. w. Ferner glaubet er, die Lichtheilchen, welche an der Gränze des Lichtes und Schattens bey E nach dem Schatten hin gebrochen werden, verlören etwas von der Geſchwindigkeit ihrer drehenden Bewegung, ſo wie die auf der andern Seite bey D daran gewönnen; worüber er ſich zwar umſtändlich erkläret, aber doch dunkel bleibt, da er auf einem Irrwege iſt.

Bey allem dieſem habe er, ſaget er, doch anfangs gezweifelt, ob an dem Regenbogen die Farben auf gleiche Art, wie in dem Prisma, erzeuget würden? Denn er hätte daran keinen Schatten bemerket, der das Licht begränzte, auch nicht gewußt, warum die Farben nur unter gewiſſen Winkeln erſcheinen. Endlich habe er

die Feder ergriffen, und die Wege der Strahlen, welche auf verschiedene Punkte desselben Tropfens fallen, sorgfältig berechnet, um die Winkel zu erfahren, unter welchem sie nach zwey Brechungen, und einer oder zwey Zurückwerfungen ins Auge kommen. Da fand er, daß, nach einer Zurückwerfung und zwey Brechungen, weit mehr Strahlen ins Auge kommen, wenn sie unter einem Winkel von 41 bis 42 Grad (nämlich mit der Linie durchs Auge nach der Sonne) darauf fallen, als unter jedem kleinern Winkel, und daß unter einem größern Winkel gar keine das Auge erreichen. Gleichfalls fand er, daß nach zwey Zurückwerfungen, und zwey Brechungen, unter einem Winkel von 51 bis 52 Gr. weit mehr Strahlen ins Auge kommen, als unter einem jeden andern größern, und daß unter einem kleinern Winkel gar keiner das Auge trifft. Also meynet er, sey hier doch beyderseits ein Schatten zur Seite des Lichtes. Denn gar keine Strahlen, oder weit weniger von einem Objecte empfangen, als von einem benachbarten, wäre eben so viel, als Schatten sehen. Demnach hält er es für einleuchtend genug, daß die Regenbogen- und die prismatischen Farben aus einerley Ursache entstehen; daß der Halbmesser des innern Bogens nicht über 42 Gr. und derjenige des äußern nicht unter 51 Gr. seyn dürfe.

Berechnungen der Winkel am Regenbogen.

Seine Berechnungen hierüber sind ganz umständlich, und wohl ausgedacht, wiewohl die neuere Rechnung des Unendlichen sie weit kürzer machen lehret. Er theilet den Halbmesser eines Tropfens in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, als 10000; läßt auf ihn eben so viel Strahlen fallen; berechnet von dem ersten Strahle in jedem Tausend den Weg im Tropfen, und den Winkel am Auge; findet für den 8000sten Strahl vom Mittelpunkte an gerechnet, den Winkel DEM = 40° 44′, als den größten unter allen. Weiter berechnete er für den ersten jedes hunderts zwischen 8000 und 9800 eben den Winkel, und fand ihn für den 8500 und 8600sten in Minuten gleich, nämlich 41° 30′, und zugleich als den größten unter allen übrigen. Eben so verfuhr er für den Winkel KEM, den er, wenn er am kleinsten ist, 51° 54′ groß fand c). Für diese Winkel ändert sich die Lage des ausfahrenden Strahles unmerklich, wenn gleich der Strahl dem Mittelpunkte des Tropfens merklich, (in Absicht auf den ganzen Halbmesser) sich nähert oder davon entfernet, und das Auge bekömmt bey ihnen mehr Strahlen, als bey andern Winkeln.

Descartes hat also Wahres und Falsches durch einander gesaget. Das Mathematische ist richtig, die physikalische Anwendung ist fehlerhaft. Daß wir unter den bemerkten Winkeln die meisten Strahlen empfangen, verursachet keinen Schatten, und dadurch Farben; sondern es machet, daß wir die Tropfen, welche sie uns so zusenden, desto stärker empfinden. Die Strahlen kommen, wegen des sich unmerklich verändernden Winkels DEM, KEM, wenn gleich die Einfallspunkte B und G sich ändern, parallel ins Auge, wie sie auffallen. Keine Zerstreuung schwächt

c) Das Brechungsverhältniß aus Luft in Wasser, setzete er, genauen Erfahrungen zufolge, 250 zu 187, welches auch ziemlich genau ist. K.

ſchwächt ihre Wirkung. Aber wir würden nur einen glänzenden Streifen am Himmel ſehen, wenn die Strahlen alle gleichviel Brechbarkeit hätten. Dieſer würde ſo breit ſeyn, als der Durchmeſſer der Sonne beträgt, weil die Linie EM nach einem jedem Punkte der Sonne gezogen werden kann. Dieſen Streifen, wenn es einen ſolchen gäbe, würde Descartes erkläret haben. Den wahren Regenbogen völlig zu erklären, blieb einem Newton vorbehalten.

Zuſatz des Ueberſetzers.

Ein noch vor Newton über die Regenbogenfarben geſchriebenes Buch, worinn ſie aus den Erſcheinungen am Prisma erkläret werden, rühmet Hr. Scheibel in dem Programma über Fleiſchern. Es hat den Titel: Thaumantias liber de arcu coeleſti deque colorum apparentium natura, ortu et cauſſis. In quo pellucidi opticae fontes a ſua ſcaturigine, ab his vero colorigeni rivi derivantur. Ducibus Geometria et Phyſica Hermetoperipatetica. Authore Io. Marco Marci, Med. Prim. Profeſſ. in Univerſ. Pragenſi. Pragae 1648. in 4. pagg. 268.

Dritter Abſchnitt.

Bemerkungen das Sehen betreffend.

Die wichtigſten Beobachtungen über das Sehen, welche in dieſen Zeitraum fallen, gehören Scheinern zu. Ihm hat man einen ſchönen Verſuch zu danken, wodurch der Satz, daß das Sehen durch Bilder geſchieht, welche ſich von den äußern Gegenſtänden auf der Netzhaut malen, vollends bewieſen wird. Er ſchnitt hinten an einem Ochſen- oder Schaafsauge die Häute weg, worauf er die Bilder ſolcher Gegenſtände, die in der gehörigen Entfernung von dieſen Augen ſich befanden, deutlich und vortrefflich auf der bloßen Netzhaut abgemalet erblickete. An einem menſchlichen Auge nahm er daſſelbe wahr. Er machete dieſen merkwürdigen Verſuch zu Rom im Jahr 1625 *a*). Bemerkungen von Scheinern.

Scheiner zeiget umſtändlich die Uebereinſtimmung zwiſchen dem Auge und dem verfinſterten Zimmer, giebt auch verſchiedene Mittel an, wie man die Bilder der Gegenſtände aufrecht machen könne *b*). Daß wir die Sachen aufrecht ſehen, ungeachtet ihre Bilder im Auge umgekehret ſind, erkläret er wie Kepler *c*).

Daß bey Betrachtung entfernter Gegenſtände der Stern ſich erweitere, und, um nahe zu beſehen, ſich zuſammenziehe, wußte Scheiner ganz wohl, erwies es

a) Schotti magia vniu. p. 87.
b) Oculus, p. 176.
c) Ibid. p. 192.

durch Verſuche, und erläuterte es durch Zeichnungen. Wenn eine Nadel, oder ſonſt eine kleine Sache, nahe vor das Auge eines Menſchen gehalten wird, der ſie aufmerkſam anſieht, ſo erkennt man deutlich, wie ſich der Stern verengert, der, ſobald die Sache entfernet wird, ſich wieder erweitert [d]).

Er zeigete, daß die Seheſtrahlen von einer Sache, die durch ein kleines Loch in einem dünnen Brettgen oder in einem Papier betrachtet wird, ſich einander kreuzen, ehe ſie ins Auge kommen. Denn wenn die Schärfe eines Meſſers hart an das Brettgen, auf der Seite nach dem Auge zu, gehalten, und längſt demſelben fortbeweget wird, bis ſie an das Loch kömmt, ſo wird derjenige Theil der Sache zuerſt verdecket werden, der in Abſicht auf das Loch der Schärfe des Meſſers entgegengeſetzet iſt [e]). Es iſt bey dieſem Verſuche nicht nöthig, daß die Klinge dicht an das Brettgen gehalten werde.

Wenn man in ein Blech zwey oder mehr Löcher mit einer Nadel ſticht, deren Entfernung von einander nicht größer als der Durchmeſſer des Sternes im Auge iſt, und das Blech hart an das eine Auge hält, während das andere geſchloſſen iſt, ſo wird man, ſaget er, einen entfernten Gegenſtand ſo oft vervielfältiget ſehen, als Löcher da ſind, und noch deutlicher, als wenn man ſie, ohne etwas vor das Auge zu halten, betrachtet [f]). Doch bemerket er, daß in einer gewiſſen Entfernung vom Auge die Sache, auf die gedachte Art, nicht vervielfältiget erſcheint [g]). Die Erklärung dieſer artigen Erſcheinung wird in der letzten Periode dieſer Geſchichte, unter den Entdeckungen, das Sehen betreffend, vorkommen.

Wenn ein kleiner Körper in einem Loche, etwa einen Zoll im Durchmeſſer groß, aufgehängt wird, und das Auge, aus einem dunkeln Orte, durch das Loch auf mehrere Fackeln oder Lichter ſieht, ſo wird es, nach Scheiners Erfahrung, den kleinern Körper ſo viel mal ſehen, als Fackeln da ſind [h]). Was das Auge empfindet, iſt in der That nichts anders, als der Schatten des kleinen Körpers, der von jeder Fackel entſteht.

Scheiner bemühte ſich ſehr die Dichtigkeit und brechende Kraft jeder Feuchtigkeit im Auge zu erforſchen. Die wäſſerichte Feuchtigkeit iſt nach ihm in Abſicht auf die vergrößernde Kraft wenig vom Waſſer unterſchieden, ſo wie die kryſtallene dem Glaſe nahe kömmt. Das Mittel zwiſchen beyden halte die gläſerne Feuchtigkeit. Den Gang der Seheſtrahlen durch die Feuchtigkeiten des Auges ſtellet er ſehr genau und umſtändlich dar, und zeiget, nachdem er alle mögliche Hypotheſen über den Siß des Sehens durchgegangen, daß er auf der Neßhaut zu ſuchen ſey [i]).

Vom Descartes.

In den Schriften des **Descartes** findet man auch viele Anmerkungen über das Sehen, wovon verſchiedene ſehr treffend ſind, und angeführet zu werden verdienen. Die natürliche Methode, die Größe, Lage und Entfernung der Gegenſtände aus der Richtung der Augenaxen zu beurtheilen, erläutert er ſehr wohl durch die Verglei-

d) Ibid. p. 31.
e) Ibid. p. 32.
f) Ibid. p. 37.
g) Ibid. p. 41.
h) Ibid. p. 49 (und 217.)
i) Ibid. p. 193.

Vergleichung der Art, wie ein Blinder von der Größe und Entfernung einer Sache, vermittelſt zweyer Stäbe, ſelbſt von unbekannter Länge, urtheilet, wenn ſeine Hände worinn er die Stäbe hält, in einer bekannten Entfernung und Lage gegen einander ſind [k]).

Da wir von der Lage der Gegenſtände nach dem Orte zu urtheilen pflegen, worauf ihre Bilder im Auge fallen, ſo wird man, wie er bemerket, wenn durch eine Verdrehung des Auges, die gewöhnliche Art ſie zu empfinden, verändert wird, in Abſicht auf die Lage des Gegenſtandes ſich irren, oder ihn für doppelt halten. So hält man eine einzige Kugel, die man zwiſchen zwey kreuzweiſe über einander gelegeten Fingern faſſet, für zwey [l]). Aber alle unſere Methoden, von der Entfernung der Gegenſtände zu urtheilen, ſaget er, ſind ſehr unſicher, und in enge Gränzen eingeſchränket. Die Richtung der Augenaxen könne in einer Entfernung von mehr als 15 oder 20 Fuß nicht mehr helfen, und die Veränderung in der Geſtalt der kryſtallenen Linſe diene nur in Weiten von drey oder vier Fuß [m]). Denn er glaubet, daß bey veränderter Entfernung der betrachteten Sache, die Figur des ganzen Auges ſich verändere, und damit zugleich ein Theil des Gehirns, wodurch die Seele die Entfernung zu ſchätzen wiſſe [n]). Auch betrachtet er die Proceſſus ciliares als Muskeln, welche die Figur der kryſtallenen Linſe zu verändern dienen [o]). Weil bey etwas großen Entfernungen der Winkel der Augenaxen ſich gar nicht merklich verändere, ſo könne man, ſaget er, gewöhnlich ſich keine Entfernungen, die größer als 100 oder 200 Fuß ſind, vorſtellen. Darum ſchienen Sonne und Mond nur einen, höchſtens zwey Fuß, groß zu ſeyn. Dieſes entſtünde nicht daher, weil wir ſie uns nicht größer vorſtellen könnten; denn Thürme oder Berge ſtelleten wir uns ja weit größer vor, ſondern weil wir ſie uns nicht weiter als etwa 200 Fuß entlegen zu ſeyn vorſtellen könnten [p]).

Weiße oder helle Körper, ſaget er, ſtellet man ſich immer etwas größer und näher vor, als ſie ſind. Denn der Stern im Auge wird, wenn man ſie betrachtet, etwas verengert, wie bey Betrachtung naher Gegenſtände, und daher wird eine Empfindung als von einer nahen Sache erreget. Ihr Bild im Auge iſt auch größer, weil die benachbarten Nervenfäſerchen an der Stelle, wo es hinfällt, von dem ſtärkern Lichte mit gerühret werden. Auch bemerket er, daß, wegen dieſer Erſchütterung der benachbarten Nervenfäſerchen, Körper, deren Bilder im Auge klein ſind, ihre Winkel verlieren [q]).

Descartes war auch der Meynung, daß die Urſache der farbichten Kreiſe, welche man bisweilen um eine Lichtflamme ſieht, nicht in der Luft, ſondern in einer beſondern Verfaſſung des Auges zu ſuchen wäre. Hierauf ward er durch eine zufällige Beobachtung gebracht. Da er einmal eine ziemliche Zeit ſein Haupt auf dem

k) Dioptr. pag. 68. und de homine, pag. 66 ſqq. R.
l) de homine, p. 69.
m) Ibid. p. 71.
n) Dioptr. p. 69.
o) de homine p. 62. 64.
p) Dioptr. p. 74.
q) Ibid.

den Arm gestützet, und dabey sein rechtes Auge mit der Hand geschlossen gehalten hatte, so sahe er, wie ihm Licht gebracht ward, und er dabey das rechte Auge öffnete, um die Flamme zwey Kreise von so schönen Farben, als er nur jemals an einem Regenbogen gesehen hatte. Der größere war auswärts roth, und inwendig blau; der kleinere war auswärts auch roth, aber inwendig weiß, und dieses bis zur Flamme hin. Da er das rechte Auge zuthat, verschwanden diese Kreise, erschienen aber wieder, wie er es öffnete und das linke zuschloß. Hieraus folgerte er, daß der Druck, welchen sein rechtes Auge gelitten hatte, es so verändert haben müßte, daß ein Theil der Lichtstrahlen von dem Bilde der Flamme abwärts gebrochen worden wäre; wiewohl er nicht unternimmt, die Erscheinung vollständig zu erklären [r]).

Vom Gassendi.

Gassendis Gedanken über das Sehen zeichnen sich nicht sonderlich aus. Er glaubte, Sonne und Mond schienen am Horizonte deswegen größer, weil, wegen des schwächern Lichtes, die Pupille sich erweitere. Man muß sich hierüber bey einem so großen Manne desto mehr wundern, da schon so viele ältere Optiker eine weit bessere Ursache angegeben haben. Ferner behauptete er, die Ursache, daß man mit zwey Augen nur einfach sieht, sey diese, daß man jedesmal nur ein Auge wirklich brauche, und das andere sich ausruhen lasse. Einen ähnlichen Einfall wird man in der letzten Periode dieser Geschichte vom de la Tour vorgebracht finden, der viele Wahrnehmungen zur Bestätigung desselben angeführet hat [s]).

Kirchers Versuch im Finstern zu sehen.

Man sieht aus Kirchern, daß man zu seiner Zeit noch einige der bekanntesten Ereignisse beym Sehen sehr unvollkommen verstanden hat. Ein gewisser Joseph Bonacursius behauptete in einer Unterredung über die Natur des Lichtes, er könne machen, daß einer im Finstern so deutlich wie im Lichte sehen sollte. So unglaublich dieses auch schien, so versuchte Kircher es doch; und fand zu seinem größten Erstaunen, daß dabey nichts übertrieben worden. Die Sache ist diese. In einem völlig verfinsterten Zimmer läßt man eine Oeffnung in einem Laden gegen die Sonne, die man mit dünnem Papiere bezieht. Auf dem Papiere entwirft man sich eine leichte Zeichnung. Nachdem man dieses Papier einige Zeit unverwandt betrachtet hat, verschließt man die Oeffnung, und nimmt ein weißes Papier. Dann, saget Kircher, wird man einen Kreis mit allerhand nach einander abwechselnden Farben erblicken, und endlich das in dem Fensterladen gezeichnete Bild, welches sowohl umgekehrt als auch bisweilen aufrecht erscheint. Diesen Versuch, der nichts weiter ist, als was man immer empfindet, wenn man erstlich eine helle Sache lange betrachtet hat, und darauf die Augen zuschließt, empfiehlt Kircher allen Naturkündigern sehr feyerlich zum Nachdenken; und folgert daraus, daß die Species des Lichtes, der Farben und der Bilder sich eben so zum Auge verhalten, wie das Licht zum Bologneſischen Steine, der das Licht, welches er eingesogen, auch eine Zeitlang behält. Er stellet sich auch vor, daß das Bild im Auge durch die krystallene Linse im Finstern auf das Papier strahle [t]).

Vierter

r) Ibid. p. 190.
s) Gassendi opera, vol. 2. p. 395.
t) Ars magna, p. 162.

Vierter Abſchnitt.

Erfindungen optiſcher Werkzeuge.

Nachdem Kepler die Theorie der Fernröhre unterſuchet, und Scheiner ſeine Entwürfe ausgeführet hatte, wie in der vorhergehenden Periode erzählet iſt, fuhr man zwar fort, der Sache, die damals neu und intereſſant war, nachzudenken; allein man machete eher keine Verbeſſerungen von Wichtigkeit, als bis nach dem Zeitraume, mit dem wir uns jetzt beſchäfftigen.

Was ich noch von Scheinern, in Abſicht auf optiſche Inſtrumente, zu erwähnen habe, betrifft nur ſeine Erfindung, das Bild der Sonnenſcheibe mit allen ihren Flecken, vermittelſt eines Teleſkops, in einem verfinſterten Zimmer darzuſtellen. Das verfinſterte Zimmer, und den Gebrauch deſſelben zur Abbildung äußerer Gegenſtände, hat man zwar dem Porta zu danken; aber er kannte das Fernrohr noch nicht, und wenn er es auch gekannt hat, fiel er doch nicht auf die ſinnreiche Anwendung deſſelben. Sie beſteht in weiter nichts, als darinn, daß man ein Fernrohr nach der Sonne zu richtet, worauf der Beobachter entweder dadurch ſieht, und das Bild mit ſeinem Auge auffängt; oder man verändert die Stellung der Gläſer [a]) ein wenig, und fängt das Bild auf einem weißen Bogen Papier auf. Alsdenn können viele Perſonen zugleich ganz gemächlich das Sonnenbild betrachten, das mit allen ſeinen Flecken, und den vorüber ziehenden Wolken, ſich auf die ſchönſte Art darſtellet [b]). Helioſkop.

So ungekünſtelt auch dieſe Beobachtungsart iſt, ſo mußte ſie doch den erſten, die ſie gebrauchet ſahen, ſehr wunderbar vorkommen. Sie erblicketen die Sonne ſo deutlich, wie in einem Spiegel, ohne einmal ihr Geſicht nach ihr wenden zu dürfen, und

a) Im Engl. focus.

b) Dieſe Maſchine heißt das Helioſkop. Man zieht ein aſtronomiſches oder holländiſches Fernrohr etwas weiter aus einander als man es brauchet, dadurch zu ſehen. Dieſes richtet man gegen die Sonne, und fängt das Sonnenbild, das ſo entſteht, mit einer Ebene in einem dunkeln Orte auf: es ſey nun, daß man ein Zimmer zu dieſer Abſicht verfinſtert, oder daß man nur das Fernrohr in ein dunkles Behältniß ſtecket, welches ſtatt des Bodens, Papier in Oel getränkt, oder ein matt geſchliffenes Glas hat, darauf ſich die Sonne abbildet. Dieſes iſt die genauere Beſchreibung, welche Hr. Hofr. Käſtner in ſeinen aſtron. Samml. 2 Th. S. 362. giebt. Scheiner hat ſich dieſer Maſchine zur Beobachtung der Sonnenflecken bedienet, und dabey das holländiſche brauchen müſſen, weil damals kein anderes bekannt war. Er hat den Gebrauch derſelben in der Roſa Vrſina, dem Buche, worinne er ſeine Entdeckungen von den Sonnenflecken weitläuftig vorträgt, beſchrieben. Itzt nimmt man lieber das aſtronomiſche Fernrohr zu dieſer Maſchine. Hr Käſtner hat die Theorie des Helioſkops in einer Anmerkung zu Smiths Lehrbegriffe der Optik, S. 343. und die Berechnung der Größe des Bildes in den Aſtron. Samml. a. a. O. vorgetragen. An jenem Orte führet er noch folgende Schriftſteller über das Helioſkop an: Hevel Selenogr. proleg. Roſe im aſtron. Handb. Hertel vom Glasſchl. und Leutmann in den Anm. vom Glasſchl. K.

und ohne ihren Augen Schaden zu thun. Kircher ſtellet in ſeiner Beſchreibung dieſer Anſtalt den Zuſchauer als ganz in Erſtaunen verſenket vor [c].

Selbſt der vornehmſte in dieſem Zeitraume, **Descartes**, gab ſich zwar um die Teleſkope viel Mühe; ſcheint aber doch kein anderes als das Galileaniſche gekannt zu haben. Vielleicht war er mit ſeinen eigenen Entwürfen und Erfindungen ſo beſchäfftiget, daß er Keplers Werke nicht geleſen hat, darinn doch verſchiedene neue Einrichtungen vorgeſchlagen werden; oder er war gegen dieſe Verbeſſerungen, und ihre Ausführung, durch Scheinern und andere, unachtſam.

Descartes will elliptiſche und hyperboliſche Gläſer brauchen.

Weil er fand, daß Linſen mit Kugelflächen die Parallelſtrahlen mit der Axe nicht in einen Punkt genau vereinigen, ſo ſuchete er bequemere Figuren zu dieſer Abſicht, und bewies geometriſch, daß insbeſondere die Ellipſe und Hyperbel hierzu dienlich wären [d]. Er vermochte auch einige Künſtler, hyperbelförmige Gläſer zu ſchleifen. Aber man findet nicht, daß das Unternehmen gerathen ſey. Hätten ſie die Figur auch noch ſo gut getroffen, ſo half es doch nichts, weil die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen, welche Newton entdecket hat, eine weit größere Zerſtreuung der Strahlen, als die Figur des Glaſes verurſachet. Und wenn gleich die mit der Axe parallelen Strahlen durch ein ellipſen- oder hyperbelförmiges Glas beſſer in einen Punkt zuſammengebracht werden, ſo ſind ſie doch, wie Montücla bemerket, in Abſicht auf die Strahlen, die von Punkten außer der Axe herkommen, nicht ſo gut, wie die kugelförmigen Linſen, deren Krümmung allenthalben dieſelbe iſt, da ſie an der Ellipſe und Hyperbel in jedem Punkte anders wird [e].

Kircher und Schott von den Archimediſchen Brennſpiegeln.

Zu den Zeiten des Descartes und noch etwas früher, nachdem man ſich ſehr viel mit Teleſkopen, und andern optiſchen Inſtrumenten beſchäfftiget hatte, fieng man auch an, die Möglichkeit der Erzählung, daß Archimedes die römiſche Flotte durch Brennſpiegel angezündet haben ſoll, zu unterſuchen. Man ſahe gleich ein, daß die Brennweite eines Hohlſpiegels viel zu klein hierzu iſt; alſo ward die Geſchichte durchgehends für erdichtet gehalten, wie ſie denn auch Descartes für eine Fabel erkläret. **Kircher** aber, und ſein Schüler, **Schott**, hielten die Sache einer genauern Unterſuchung werth, beſonders weil Proklus eine Flotte vor Conſtantinopel auf dieſelbe Art zu Grunde gerichtet haben ſoll. Ohne ſich mit bloßen Vernunftſchlüſſen zu begnügen, wollte Kircher ſich durch Verſuche, deren er ſehr viele anſtellete, von der Möglichkeit oder Unmöglichkeit der erzählten Wirkungen überzeugen. Zuerſt glaubete er, daß man ſie durch paraboliſche Spiegel, wenn man ſie auf oben erzählte Art zu einander ſtellete, erhalten könnte. Es glückete zwar

c) Ars magna, p. 7. (Es iſt zwar eine Kleinigkeit, doch erinnere ich, daß bey Kirchern das Erſtaunen auf die Sonnenflecken geht. K.)

d) Dioptr. cap. 8. (Er zeiget, daß, wenn man das Verhältniß der großen Axe einer Ellipſe zu der Entfernung der Brennpunkte dem Verhältniſſe der Brechung aus Luft in Glas gleich nimmt, alsdenn die Strahlen, welche parallel mit der Axe auf das gläſerne elliptiſche Sphäroid fallen, nach dem entferntern Brennpunkte hin gebrochen werden. Die Hyperbel hat, wie er auch zeiget, eine ähnliche Eigenſchaft. K.)

e) Montucla vol 2. p. 201. (Descartes bemerket dies auch. Dioptr. p. 99. K.)

zwar nicht; doch gab ihm ſein erfinderiſcher Geiſt verſchiedene andere Mittel an, bis er endlich eine Zuſammenſetzung ebener Spiegel verſuchete.

Kirchers Brennſpiegel aus ebenen Spiegeln.

Er errichtete ein Gerüſte, darauf er fünf dergleichen Spiegel, von gleicher Größe, in einer ſolchen Lage ſtellete, daß ſie die Strahlen auf einen einzigen Fleck warfen, der über hundert Fuß entfernet war. Dieſe wenigen Spiegel brachten daſelbſt ſchon eine ſolche Hitze hervor, daß er nicht zweifelte, er würde, mit einer größern Anzahl, brennbare Materien in einer noch größern Entfernung anzünden können *f*). Eine Zeichnung dieſer Maſchine findet man beym Kircher, Ars magna, p. 888, tab. 31.

Dieſer unermüdete Naturforſcher war ſo begierig, in dieſer Sache auf den Grund zu kommen, daß er, nach dieſen Verſuchen, in Geſellſchaft mit Schotten eine Reiſe nach Syrakus that, um den Ort der Begebenheit ſelbſt in Augenſchein zu nehmen. Beyde waren der Meynung, daß die Galeeren des Marcellus nicht über 30 Schritt vom Archimedes entfernet geweſen ſeyn könnten *g*).

Desgleichen von Büffon.

Von Büffon fiel, ohne zu wiſſen, was Kircher ſchon vor ihm gethan hatte, auf dieſelbe Erfindung, in der Ferne zu zünden. Im J. 1747 verfertigte er eine Maſchine mit 400 Planſpiegeln, deren jeder ohngefähr einen halben Quadratfuß groß war, und konnte damit Bley und Zinn in einer Weite von ohngefähr 140 Fuß ſchmelzen, und in einer weit größeren Holz anzünden *h*).

Courtivrons Berechnungen.

Der **Marquis von Courtivron** gab ſich die Mühe über die Wirkung der Büffonſchen Maſchine, in Vergleichung mit einem ſphäriſchen Brennſpiegel, eine Berechnung anzuſtellen; und fand, daß die Menge des Lichts, welche von dem letztern zurückgeworfen wird, ſich zu der Menge des Lichts, welche eine gleich große Oberfläche der erſtern auf dieſelbe Stelle wirft, ſich wie 314 zu 247 $\frac{1}{2}$ verhält, oder daß die Wirkung des Planſpiegels ohngefähr um $\frac{2}{9}$ kleiner iſt als des ſphäriſchen *i*).

Hofmanns irrige Vorſtellungen.

Dr. Hofmanns, nachdem er von der Einrichtung und Wirkung einiger paraboliſcher Brennſpiegel, die Höfen in Dresden gemachet hat *k*), und welche nachher Gärtner etwas verändert hat, eine Nachricht gegeben, nimmt noch im Jahre 1768 die Meynung an, daß Archimedes ſich wohl eben ſolcher bedienet haben möchte:

f) Philoſ. transact. vol. 48. p. 622. (in Parſons Anmerkungen über Kirchers Meynung, die Verbrennung der Römiſchen Flotte durch Archimedes betreffend. K.)

g) Phil. tr. p. 625. (Eigentlich und bloß dieſer Beſchäfftigung wegen ſind ſie nicht hingereiſet. Schotti mag. vniv. p. 417. 418. Er handelt daſelbſt umſtändlich von dieſer Sache, und hält es fürs wahrſcheinlichſte, daß Archimedes ſich zweyer paraboliſcher Spiegel bedienet habe. K.)

h) Montucla, vol. I. p. 246. (Die Maſchine hatte 168 Glasſpiegel. Das übrige iſt auch unrichtig vom Montucla angeführt, wenigſtens aus dem Memoire des Jahrganges von 1747. p. 92. in 4. K.)

i) Mem. de l'acad. des ſc. 1747. p. 449. in 4. (Das angegebene Verhältniß iſt nur in einem einzigen Falle richtig. Der Marquis zeiget, daß beyde Wirkungen ſich deſto näher kommen, je größer die Entfernung des Brennpunktes iſt. K.)

k) Man findet von dieſen Spiegeln Nachrichten in dem alten hamburgiſchen Magazine, 5ter Band. S. 269. 14ter B. S. 563. 16ter B. S. 313. K.

Denn eine Parabel, deren Parameter 2000 Fuß, könne leicht gezeichnet werden, und es wäre ja wohl möglich, daß die von einem ſolchen Spiegel zurückgeworfenen Strahlen von einem Linſenglaſe nach ihrer Vereinigung aufgefangen und parallel auf jede beliebige Weite fortgeſchicket werden könnten, wiewohl man doch auf den Umſtand, daß das Glas ſchmelzbar ſey, Acht haben müſſe [l]). Er hat nicht bemerket, daß Kepler und Dechales, wie oben angeführet iſt, die Unmöglichkeit dieſer Wirkung gezeiget haben.

Zauberlaterne. Wenn gleich Kirchers Brechungstafeln durch nähere Entdeckungen und beſſere Beobachtungen bald unnütze gemachet ſind, ſo iſt man ihm doch noch heutiges Tages für die artige Erfindung der **Zauberlaterne**, und für einige andere optiſche Beluſtigungen, Dank ſchuldig. Die Zauberlaterne insbeſondere kann Kindern und Leuten, die keine optiſche Kenntniſſe beſitzen, ja ſelbſt Naturkündigern in einer Erhohlungsſtunde, ſoviel Vergnügen machen, daß ſie wohl verdienet, hier beſchrieben zu werden.

fig. 29. Sie beſtehet aus zwey Linſengläſern CD, EF, die in eine verſchloſſene Laterne nebſt dem Lichte A, geſetzet werden. Das auf Glas gemalte Bild, GH, iſt zwiſchen den beyden Gläſern befindlich. Das Glas CD, dienet dazu, ein ſtarkes Licht auf das Gemälde zu werfen. Das zweyte Glas, EF, bringt die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gemäldes herkommen, in einem Punkte, wie bey I oder K, wieder zuſammen. Iſt nun daſelbſt eine weiße Wand, ſo bildet ſich die Zeichnung GH darauf mit ihren Farben lebhaft ab. Die Linſe EF pfleget in eine bewegliche Röhre geſtecket zu werden, damit man das Bild des Gemäldes auf jede beliebige Entfernung entwerfen könne. Bisweilen wird auch ein Hohlſpiegel, MN, hinter das Licht geſtellet, damit noch mehr Licht auf das Gemälde GH fallen, und das Bild auf der Wand deſto lebhafter werden möge [m]).

Kirchers eigene Zeichnungen, worunter einige recht ſaubere ſind, findet man in ſeiner Ars magna lucis et umbrae, p. 768. 769 [n]). Man ſieht daraus, daß der Erfinder ſchon die Schieber mit den darauf gemalten Bildern, wie man ſie gegenwärtig brauchet, gehabt hat. Doch ſieht man auch daraus, daß Kircher bey allem ſeinem Witze, den er gewiß in reichlichem Maaße beſaß, doch nicht die Kunſt verſtand,

l) Philoſ. tranſ. vol. 59. p. 4.

m) Gewöhnlicher nimmt man ſtatt des einen Glaſes, EF, zwey. Das erſte derſelben ſchicket die Strahlen ſo auf das zweyte, als wenn ſie von einer entlegenern Sache kämen, als es das Gemälde GH iſt. s' Graveſand Elem. phyſ. vol. 2. p. 873. Käſtners Lehrbegriff. S. 347. K.

n) In der erſten oben angeführten Ausgabe des Kircherſchen Werkes, findet man noch nichts davon. Er führet daſelbſt, p. 915, nur dieſes an, daß man auf einen Hohlſpiegel ein Gemälde machen, und dieſes vermittelſt eines davor geſtellten Lichtes und Glaſes auf eine Wand in einem dunkeln Orte werfen könne, wovon er ſich zur Bekehrung der Gottloſen, wenn man den Teufel aufs Gemälde brächte, viel verſpricht. Es iſt aber noch eine andere Ausgabe des Kircherſchen Werkes, zu Amſterdam 1671, herausgekommen. Die Seitenzahlen ſind in dieſer Ueberſetzung nach der Römiſchen Ausgabe angegeben. — Schott erwähnet in der Magia vniverſali der Zauberlaterne noch nicht. K.

verſtand, ſeine Lampe ohne Rauch brennen zu machen; wiewohl es aber auch möglich iſt, daß der Zeichner, um ſeine Geſchicklichkeit zu zeigen, den Rauch vergrößert hat.

Zu den optiſchen Beluſtigungen, die Kircher entweder erfand, oder verbeſſerte, gehöret das Kunſtſtück, Bilder von Buchſtaben oder andern Dingen, in einem verfinſterten Behältniſſe, von außen herein, vermittelſt eines Planſpiegels und eines Linſenglaſes, zu entwerfen. Eine Zeichnung davon findet man beym Schott, S. 429.

Kircher war auch in die Kunſt, Sonnenuhren zu machen, ſehr verliebt, und gab darinne mancherley ſinnreiche Erfindungen an, z. E. wie man auf verſchiedene Arten, durch die Zurückſtrahlung Sonnenzeiger an ſolchen Orten anbringen könne, dahin die Sonne nicht ſcheint. Dergleichen Einfälle hatte er viel, damit er ſich und ſeine Freunde ſehr beluſtigte. Er hat ſie in ſeiner Ars magna beſchrieben und abgebildet.

Zuſatz des Ueberſetzers.

Die Erfahrungen des Herrn von Büffon, welche er mit ſeinem aus ebenen Spiegeln zuſammengeſetzten Brennſpiegel gemachet hat, verdienen umſtändlicher angeführt zu werden. Die erſte Nachricht davon hat er in den Mem. de l' acad. des ſc. 1747. p. 82. in 4. gegeben. Die Maſchine beſtand aus 168 ſolirten ebenen Glasſpiegeln, ſechs Zoll hoch, acht Zoll breit, deren jeder ſich für ſich allein bewegen ließ. Im Ganzen war ſie 7 Fuß breit und 8 Fuß hoch. Man brauchte etwa eine halbe Stunde Zeit, die Spiegel auf eine gewiſſe Entfernung zu richten.

Bey dem erſten Verſuche den 23. März 1747., da die Maſchine nicht einmal ganz fertig war, und keine gute Lage gegen die Sonnenſtrahlen hatte, zündete von Büffon mit 40 Spiegeln, in der Entfernung von 66 Fuß, ein getheertes büchenes Brett an. — Den 4. April um 11 Uhr Morgens brachte er, bey ſchwachem Sonnenſcheine mit 150. Spiegeln, in einer Entfernung von 150 Fuß, eine ſolche Hitze hervor, daß in weniger als zwey Minuten ein getheertes Brett zu rauchen anfieng, und gewiß in Brand gerathen ſeyn würde, wenn die Sonne ſich nicht plötzlich verkrochen hätte. — Den 10. April Nachmittags, bey hellem Sonnenſcheine, ward ein getheertes tannenes Brett, in der Entfernung von 150 Fuß, mit 128 Spiegeln faſt augenblicklich angezündet. — In einer Entfernung von 20 Fuß, ward mit 45 Spiegeln eine große zinnerne Flaſche, und mit 117 Spiegeln wurden kleine Stücke Silber geſchmolzen; eine Platte Eiſenblech ward glühend gemacht.

Von Büffon zeiget den vielfachen Nutzen, den ein ſolcher Brennſpiegel hat, als, daß man damit von oben herunter zünden und ſchmelzen; daß man ihn zum Maaßſtabe der Hitze brauchen kann; außerdem, daß er das einzige Mittel iſt, in großen Weiten zu zünden.

Die Urſache warum man mit einem einzigen Brennſpiegel, er mag von einer Form ſeyn, welche ſie wolle, auf große Entfernungen nicht reichen könne, giebt

Büffon ganz richtig an. Man muß, saget er, nicht bloß diejenigen Strahlen betrachten, welche von einem einzigen Punkte der Sonne, etwa ihrem Mittelpunkte herkommen; sondern, weil der Sonnenkörper unter einem Winkel von 32 Min. gesehen wird, so wird das Bild der Sonne, im Brennpunkte des Spiegels, einen Raum einnehmen, dessen Durchmesser die Chorde eines Winkels von 32 Min. am Spiegel ist. Je größer also die Brennweite wird, desto größer wird auch der Brennraum, welchen die von allen Punkten der Sonne herkommenden Strahlen nach der Zurückwerfung einnehmen. Man muß deswegen, da sie sich so viel mehr verbreiten, die Fläche des Spiegels in demselben Verhältnisse vergrößern, in welchem der Brennraum größer wird. Z. E. der große Brennspiegel der Akademie, der drey Fuß zur Chorde hat, hat einen Brennraum, ohngefähr 4 Lin. groß. Wollte man einen Brennspiegel machen, der auf 240 Fuß, wo der Brennraum etwa (etwas über) 2 Fuß breit ist, gleiche Wirkung thäte, so müßte man ihm 216 Fuß zur Chorde geben. Jener Brennspiegel schmilzt freylich Gold. Von Büffon verringerte durch aufgelegtes Papier seine Breite, bis auf 4 Zoll, 8 bis 9 Lin. Nun konnte er nicht mehr trockenes Holz damit anzünden. Gesetzt, daß der Brennspiegel bey einer Breite von 5 Zoll Holz anzünden könne, so muß ein Brennspiegel, der diese Wirkung in einer Entfernung von 240 Fuß thun sollte, doch noch 30 Fuß breit seyn. Diese Betrachtungen machten den Hrn von Büffon, wegen der Möglichkeit seines Entwurfes mit mehrerern Planspiegeln zu zünden, zweifelhaft. Er bedachte aber, daß ein größerer Brennraum mehr leisten müßte, als ein kleinerer, bey gleicher Dichte der Strahlen, weil die Hitze in dem kleineren sich den benachbarten Theilen der zu schmelzenden oder zu zündenden Sache mittheilet, welche von dem größern Brennraume zugleich mit erhitzet werden. Er fand auch seine Gedanken durch die Erfahrung bestätiget.

In dem Jahrgange der Pariser Akademie von 1748. kömmt wieder ein Aufsatz des Hrn von Büffon über verschiedene von ihm erfundene Arten von Brennspiegeln vor. Von dem in dem vorhergehenden Jahrgange beschriebenen erzählet er, daß er damit Holz auf 200 Fuß angezündet, Zinn auf 150 Fuß, Bley auf 130., und Silber auf 60 Fuß geschmolzen habe. Er habe in den Jahren 1749. und 1750 eine Maschine von 360 Spiegeln, 4 Zoll im Quadrat, machen lassen, die aber zu unbehülflich gewesen sey. Hierauf erzählet er einige Entwürfe zu andern Arten großer Brennspiegel, und die Proben zu ihrer Ausführung. Er hat Spiegelglas rund schneiden und in der Mitte durchbohren lassen, und es darauf durch eine Schraube gekrümmt. Nach mehrmaliger Wiederholung des Versuches sind ihm aber doch seine besten Gläser gesprungen. Er schlägt deswegen eine Anstalt vor, sie durch den Druck der Luft zu krümmen. — Weil er durch die Erfahrung gefunden, daß foliirte Glasplatten, wenn sie recht wohl poliret sind, mehr Licht zurückwerfen, als metallene Spiegel, deren Zusammensetzung und Politur noch so gut ist, so, saget er, habe er auf Mittel gedacht, großen Glasplatten eine ordentliche Krümmung zu geben, und endlich einen Ofen erfunden, in dem er dieses bewerkstelligen könnte. Darauf redet er von großen Brenngläsern, die aus zwey solchen gekrümmten Glas-

platten

platten zuſammengeſetzet, und in der Mitte dazwiſchen Waſſer enthalten ſollten — Weil man in Frankreich dem Glaſe weder die Dicke, noch die Durchſichtigkeit zu geben wiſſe, die man in Deutſchland ihm zu geben verſtehe, ſo habe er die Mittel zu beyden geſuchet und gefunden, und arbeite an einem Linſenglaſe, 26 Zoll breit, 3 Zoll dick und 5 Fuß Brennweite. — Endlich erkläret er eine Methode, die Dicke der Linſen zu vermindern, ohne ihre Breite und Brennweite merklich zu verändern, die aber wohl zu künſtlich ſeyn mag.

Der Aufſatz des Marquis von **Courtivron**, in dem Jahrgange 1747. pag. 449. in 4. enthält eine ſchöne Anwendung der Integralrechnung auf die Optik, wenn gleich der Vortrag ſowohl der Rechnung als der Schlüſſe etwas netter ſeyn könnte. Er ſummiret erſtlich die Menge der Strahlen, welche von einem ebenen kreisrunden Spiegel, auf eine ihr parallele kreisrunde Ebene geworfen werden, und vergleicht ſie darauf mit der Strahlenmenge, welche ein Hohlſpiegel auf eben dieſe Ebene, die in ſeinem Brennpunkte befindlich iſt, ſendet. Die Lichtmenge, welche von dem Planſpiegel auf einen einzelnen Punkt der auffangenden Ebene fällt, wird leicht gefunden, wenn man von dieſem Punkte eine ſenkrechte auf den Spiegel zieht, ſie verlängert, bis ſie der Entfernung des Punktes vom Spiegel gleich iſt, den Endpunkt zur Spitze eines Kegels annimmt, deſſen Grundfläche der Spiegel iſt, und ihn bis an die Sonne hinlaufen läßt, wo er denjenigen Theil ihrer Scheibe abſchneidet, der die Strahlen zur Erleuchtung jenes Punktes hergiebt. Die Reſultate der Rechnung, welche der Marquis anſtellet, ſind nicht zuverläßig, weil theils ganz am Ende der Rechnung, theils auch in den Beyſpielen ein Fehler begangen iſt.

Es giebt aber bey dieſer Vergleichung einen Fall, den Courtivron nicht berühret, und der doch, ohne daß man Integralrechnung brauchet, zur Erreichung der Abſicht hinlänglich iſt. Es iſt dieſer.

Die Breite des Hohlſpiegels ſey die Chorde eines Winkels von 32 Min. am Mittelpunkte der Kugelfläche, ſo iſt der Brennraum halb ſo breit als der Spiegel, und die Dichte des Lichtes iſt nur viermal ſo groß, als des einfachen Sonnenlichtes. Ein ebener Spiegel, ſo breit als der Hohlſpiegel, erleuchtet dieſen Brennraum in allen Punkten gleichförmig, mit dem einfachen Lichte der Sonne. Der Hohlſpiegel thut hier alſo nur viermal ſo viel Wirkung als der ebene. Seine Brennweite iſt 53 bis 54mal ſo groß, als ſeine hier angenommene Breite. Von Courtivron ſetzet in einer Weite von 50 Fuß bey einem Brennſpiegel von 1 Fuß Chorde, das Verhältniß der Wirkungen, 314 zu 184, aus einem gedoppelten Rechnungsfehler.

Nun wird man freylich einem Brennſpiegel einen größern Bogen, als den von 32 M. geben, oder, man wird auf 54 Fuß nicht mit einem Spiegel von 1 Fuß Chorde zünden wollen. Allein, aus dem betrachteten Falle läßt ſich die Größe abnehmen, die der Spiegel haben muß, um in dem Brennraume eine gewiſſe gegebene Dichte des Lichtes hervor zu bringen, allen Verluſt beym Zurückwerfen nicht gerechnet. Der Spiegel, der auf 54 Fuß bey einer Chorde von 1 Fuß, das Sonnenlicht viermal verdichtet, muß 5 Fuß in der Chorde haben, um es nur hundertmal zu verdichten; daß man alſo mit 100 Planſpiegeln eben ſo viel ausrichten kann,

als mit einem so großen Kugelspiegel. Hieraus läßt sich also die große Schwierigkeit, wo nicht Unmöglichkeit, einsehen, mit einem einzigen Brennspiegel auf noch größere Entfernungen zu zünden. Man sehe auch nach Mart. Knutzens math. Abhandl. von den Brennspiegeln des Archimedes. Königsb. 1747.

Ich ergreife diese Gelegenheit, eine Regel zur Berechnung der Dichte des Lichtes in dem Brennraume eines gegebenen Brennspiegels vorzutragen, welche mir bey andern noch nicht vorgekommen ist, und worüber Büffon noch erst die Erfahrung jedesmal durch seinen zusammengesetzten Spiegel befragen will. Sie ist in dem vorgetragenen schon enthalten. Nämlich, man nehme den 54sten Theil der Brennweite, quadrire denselben, und dividire das Quadrat der Chorde dadurch, multiplicire den Quotienten durch 4, so hat man die Zahl, wie vielmal das Licht in dem Brennraume stärker ist als das einfache Sonnenlicht, ohne den Verlust beym Zurückwerfen zu rechnen. Z. E. der obengedachte Pariser Brennspiegel muß 3 Fuß Brennweite haben, weil die Weite des Brennraumes 4 Lin. ist. Weil er auch 3 Fuß in der Chorde hält, so ist die Dichte des Lichtes im Brennraume 11664.

Fünfter Abschnitt.

Vermischte Bemerkungen und Versuche.

Cartesianische Theorie.

Unter den vermischten Materien, die in diesen Zeitraum gehören, verdienet die Cartesianische Theorie des Lichtes angeführt zu werden, und wenn es auch nur wegen ihrer Neuheit und Sonderbarkeit wäre. So sehr unterscheidet sie sich von allen ältern Theorien. Nach dem Descartes ist das Licht weder eine Substanz, wie Epikurus und einige andere annehmen; noch eine bloße Eigenschaft der Körper, wie Aristoteles behauptete: sondern die Bewegung eines feinen flüßigen Wesens, die durch den Druck eines leuchtenden Körpers entsteht. Weil dieser Philosoph voraussetzte, daß es in der Welt keinen leeren Raum gäbe, so folgte daraus nothwendig, daß das Licht in einem Augenblicke fortgepflanzet wird; und, zur Erläuterung dieses Satzes, vergleicht er die Fortpflanzung des Lichtes mit der Bewegung, welche einem Stabe der ganzen Länge nach mitgetheilet wird, sobald man das eine Ende desselben fortstößt [a]).

Wenn das Licht nur in einer Bewegung besteht, die einem flüßigen Wesen mitgetheilet wird, so folgte daraus nicht, daß nicht auch das Auge, so gut wie ein leuchtender Körper, diese Bewegung erregen könne. Wenn also Descartes gleich überhaupt annimmt, daß das Sehen durch etwas von außenher bewerkstelliget werde, so giebt er doch auch Ausnahmen von dieser Regel zu, und sieht es für möglich an, daß Menschen, wie Katzen, im Finstern sehen können [b]).

Ungeachtet

a) Dioptr. p. 42. b) Ibid. p. 43.

Ungeachtet Descartes eine augenblickliche Fortpflanzung des Lichtes lehrete, ſo nahm er doch zur Erklärung der Strahlenbrechung, eine verſchiedene Geſchwindigkeit des Lichtes in verſchiedenen Mitteln an. Das Licht ſollte ſich in dem dichtern Mittel geſchwinder bewegen, als in dem dünnern. Seine Urſache iſt beſonders erdacht. Das Licht ſoll in dem dünnern Mittel mehr Widerſtand antreffen, weil die Theile deſſelben beweglicher ſind, und nicht ſo ſehr an einander hängen, wie in einem dichtern Mittel, in welchem das Licht deswegen nicht ſo leicht von ſeiner Richtung abweichen kann. Die Carteſianiſche Hypotheſe hat ſich ſehr lange erhalten, ſo wenig ſich auch der Einwurf gegen ſie heben läßt: daß nach ihr das Licht dem Schalle ähnlich ſeyn würde, der ſich nach allen Seiten herum ausbreitet, und in ſeinem Fortgange nicht, wie das Licht, durch einen vorliegenden Körper aufgehalten werden kann. Carteſens Nachfolger verbeſſerten ſeine Theorie ein wenig, aber ohne dieſe Hauptſchwierigkeit zu heben.

Malebranches und Huygens Gedanken.

Anſtatt der vollkommen harten Kügelchen, woraus Descartes das Licht beſtehen ließ, ſetzte **Malebranche** kleine flüßige Wirbel, deren jeder den empfangenen Eindruck an den nächſtliegenden mittheilen ſollte; daß alſo das Licht noch immer auf eine ähnliche Art wie der Schall fortgepflanzt wird [c]). Die ſpätern Carteſianer nahmen überhaupt durchgehends an, daß das Fluidum, wodurch das Licht fortgepflanzet wird, elaſtiſch ſey; und **Huygens** that noch die beſondere Beſtimmung zu der Carteſianiſchen Theorie hinzu, daß er den Lichtwellen keine kreisförmige ſondern eine elliptiſche Figur gab. Durch dieſe Vorausſetzung ſuchet er die Erſcheinungen an dem Isländiſchen Kryſtalle zu erklären [d]).

Wie Descartes die Farben erkläret.

Kein Wunder, daß bey dieſer Vorſtellung von der Natur des Lichtes Descartes in Verlegenheit, bey Erklärung der Farben, gerathen mußte. Aber ſeine Unwiſſenheit zu geſtehen, war er noch weniger, als die alten Philoſophen, geneigt. Lieber alſo, als nichts darüber zu ſagen, gab er dem Lichte zweyerley Bewegungen, eine geradelinichte und eine drehende. Wenn dieſe letztere ſtärker als jene iſt, ſo ſoll die rothe Farbe entſtehen; wenn die erſtere aber ſtärker iſt, die blaue; und wenn beyde Bewegungen gleich ſind, die gelbe. Aus dieſen dreyen hatte man ſchon längſt nach Maaßgabe der unterſchiedlichen Miſchung, alle übrigen Farben zuſammengeſetzet.

So ſehr auch Descartes in ſeinen Vorſtellungen von Licht und Farben irrete, ſo machet er doch einen richtigen Unterſchied zwiſchen Schwarz und Weiß, und bemerket, daß jenes die auffallenden Strahlen erſticket oder auslöſcht, da dieſes hingegen ſie zurück wirft [e]). Er iſt der erſte, bey dem ich dieſe vernünftige Erklärung antreffe. Kepler, der ſich ebenfalls über dieſe Sache erkläret, hält dafür, daß der Grund, warum ſchwarze Körper eher heiß werden, als weiße, nicht in der Verſchiedenheit

c) Mem. de l' Acad. des ſc. 1699. H. p. 29. M. p. 41.

d) Hugenii Opera, vol. 3. p. 46.

e) Dioptr. p. 46. (Er ſetzet noch hinzu, was die Strahlen unverändert zurückſchicken, ſey weiß, was aber eine Veränderung beym Zurückwerfen in ihnen hervorbringe, ſey roth, gelb, blau, u. ſ. w. Ü.)

ſchiedenheit der Farbe liege, ſondern darinne, daß ſchwarze Subſtanzen trockener und brennbarer ſind, (aridiratem et adustionem ſapiunt) *f*).

So deutlich waren aber nicht alle ſeine Vorſtellungen, die Farben betreffend. Da er ſich das Licht als eine Bewegung eines flüßigen Weſens vorſtellet, auf welche Art es viel Aehnlichkeit mit dem Schalle hat, ſo vergleicht er die Wirkung der dem Auge ſo angenehmen grünen Farbe mit der Octave in der Muſik *g*).

Gaſſendis Verſuch mit dem Sonnenſchatten.

Gaſſendis Gedanken vom Lichte und der Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizonte ſind vorher angeführet worden. Dennoch behauptete er, und wollte es durch Verſuche beweiſen, daß, ungeachtet die Sonne am Horizonte größer ſcheint, der Schatten einer Sache alsdenn doch größer ſey, als er es unter gleichen Umſtänden iſt, wenn die Sonne höher ſteht. Weil er ſich viel Mühe mit dieſem Verſuche machete, ſo will ich ſeine Beſchreibung nebſt der Figur, die zur Erläuterung dienet, hier mittheilen. Es iſt IH ein ſtarkes Brett, 24 Pariſer Fuß lang, worauf zwey kleine Bretter, NI und RH, jedes etwa einen halben Fuß hoch, ſenkrecht geſtellet ſind. Die Maſchine ward ſo geſtellt, daß ſie den Sonnenſtrahlen genau parallel war *h*). Der Schatten des vordern Brettes NI ward alsdenn auf dem hintern Brette aufgefangen, und daſelbſt bey einer Sonnenhöhe von 3 Grad, durch Meſſung 3 Zoll, 2, 6 Linien groß gefunden; bey der Höhe von 5 G. war er 3 Zoll 3 Linien; bey 8 Grad Höhe, 3 Zoll, 2, 8 Lin. und bey 15 Grad Höhe war er 3 Zoll 2, 4 Lin. Die Vergrößerung des Schattens Nachmittags ſtimmete mit der Abnahme Vormittags genau überein. Er machte dieſelben Beobachtungen auch mit dem Mondenlichte, und wiederholete ſie oft, ohne einen Unterſchied der Reſultate zu finden. Auch verſichert er ſeine Freunde, daß es unmöglich ſey, die Meſſungen mit größerer Sorgfalt und Vorſicht anzuſtellen. Er erkläret die Verlängerung des Schattens bey dem niedrigen Stande der Sonne daraus, daß der Durchmeſſer der Sonne durch die dicken Dünſte in der Luft vergrößert werde, ſo daß die Strahlen, welche den öbern Rand des Schattens begränzen, nicht von dem oberſten Theile der Sonnenſcheibe, ſondern von einem etwas niedriger liegenden herkommen *i*).

fig. 24.

Wären die Entfernungen der Sonne und des Mondes gegen den Halbmeſſer der Erde nicht ſo groß, ſo könnte man von Gaſſendis Beobachtung einen wichtigen Gebrauch machen. Denn weil ein Beobachter unter dem Aequator den Himmelskörpern um einen Halbmeſſer der Erde näher iſt, wenn jene ſich am Zenith befinden, als wenn ſie am Horizonte ſtehen, ſo möchten ſich ihre Entfernungen aus einer ſolchen

f) Paralipomena, pag. 220. (Von den ſchwarzen Körpern, ſaget er, p. 28, werden weniger Strahlen zurückgeſchicket; alſo mehr von ihnen verſchluckt; daher wirke das Licht ſtärker auf ſie. K.)

g) De homine, p. 66. (und mit dem Brode, das man zu den Speiſen genießet, ſo wie die übrigen Farben mit den künſtlichern Accorden eines muſikaliſchen Stückes, oder mit dem ausgeſuchten Saucen eines Kochs, deren man aber ehe müder werde, als der einfachen Speiſen. Die Stelle iſt doch, wegen der ſinnreichen Vergleichung der Farben und Töne, die Newton umſtändlich ausgeführet hat, merkwürdig. K.)

h) Oder vielmehr, daß die Linie nach dem untern Rande der Sonne zulief. K.

i) Gaſſendi Opera, vol. 3. p. 423.

chen Beobachtung herleiten laſſen. Wiewohl es ſteht nicht zu erwarten, daß eine ſo ungewiß begränzte Sache, wie der Schatten, mit hinlänglicher Genauigkeit zu dieſer Abſicht gemeſſen werden könnte, ſelbſt nicht beym Monde, der uns ſo viel näher als die Sonne iſt. Und da Gaſſendi in beyderley Beobachtungen keinen Unterſchied gefunden, ſo iſt es ſehr wahrſcheinlich, daß er, ungeachtet er ſeine Aufmerkſamkeit und Genauigkeit rühmet, doch einen Fehler begangen haben müſſe k).

Kircher, deſſen wir faſt in jedem Abſchnitte dieſer Periode zu erwähnen Gelegenheit gehabt haben, darf in dieſer ebenfalls nicht übergangen werden. Wie er zu Rom war, hatte er im J. 1639 die Gelegenheit, eine damals gemeine Sage vom Chamäleon zu unterſuchen, nämlich, daß es die Farben aller nahen Sachen, nur nicht weiß und roth, annehmen könnte. Er fand dieſes irrig. Denn da er das Thier auf ein ſehr weißes Tuch ſetzete, ſo konnte man es kaum von dem Tuche unterſcheiden; und wie er es auf ein grünes ſetzete, war es ſo grün, wie das Tuch ſelbſt. Er ſchreibt dieſe Eigenſchaft des Thieres der Einbildungskraft deſſelben zu, weil es nach dem Tode ſie verliert l). Wirklich ſcheint die Haut des Chamäleon gewiſſermaßen einem Spiegel ähnlich zu ſeyn, welcher ohne Unterſchied alles farbichte Licht, das auf ihn fällt, zurückwirft.

Kircher vom Chamäleon.

Kircher iſt auch der erſte, der die merkwürdigen Eigenſchaften der Tinctur vom nephritiſchen Holze bemerkete, welche zu erklären man verſchiedene Wege verſuchet hat, bis daß Newton erſt es auf eine hinlängliche Art that. Weil Kirchers Beobachtungen noch ſehr unvollkommen ſind, ſo verſchiebe ich ſie bis dahin, daß ich an die genauern Unterſuchungen vom Boyle komme, da ich ſie zur Einleitung anführen werde.

k) Gaſſendi hat ſich nicht verſehen. Der Unterſchied der Breite des Schattens rühret von der Refraction her. Dieſes beſtätiget die Rechnung. Der Durchmeſſer der Sonne ſey 32′. Dieſer wird in der Höhe von 3 Gr. durch die Refraction um 1′ 42″ verkürzet, nach Bradleys Tafeln. Daraus finde ich die Höhe des Schattens auf dem Brette RH, 3 Zoll, 5,5 Lin. In einer Höhe von 15 Gr. beträgt die Verkürzung nur 6″, woraus der Schatten 3 Zoll, 3, 9 Lin. hoch wird. Der Unterſchied iſt 1, 6 Lin. Nach Gaſſendi ſind zwar die Höhen der Schatten etwas anders, aber der Unterſchied iſt doch faſt derſelbe, nämlich 1, 2 Lin. Es kann ſeyn, daß der Durchmeſſer der Sonne oder auch die Refraction etwas anders geweſen ſind, als ich ſie angenommen habe. Vielleicht hat auch Gaſſendi beym Meſſen, aber auf dieſelbe Art jedesmal, gefehlet. Soviel erhellet aus der Rechnung, daß die Strahlenbrechung den Schatten verändert. Bey dem Monde kömmt noch eine Vergrößerung des Durchmeſſers wegen der Veränderung der Entfernung in den verſchiedenen Höhen hinzu, die aber ſelbſt vom Horizonte bis zum Zenith, nur zwiſchen 27 und 37 Sec. nach den verſchiedenen Entfernungen des Mondes vom Mittelpunkte der Erde, beträgt. Allein man könnte die Entfernung des Mondes, wenn er uns auch noch ſo nahe wäre, aus der Gaſſendiſchen Beobachtung doch nicht finden, weil die Refraction ſich mit einmiſchet. K.

l) Ars magna, p. 86. (Man wird hier einen kleinen Widerſpruch wegen der Farben bemerken. K.)

Vierte Periode.

Optiſche Entdeckungen in dem Zeitraume vom Descartes bis zu Sir Iſaak Newton.

Der Verſuch, den Descartes machte, nach Art der Alten zu philoſophiren, das iſt, alle Naturbegebenheiten aus gewiſſen angenommenen Grundſätzen und Urſachen herzuleiten, und der große Beyfall, den er erhielt, drohete zwar, die vom Bacon ſo ſehr empfohlene, und vom Galileus und andern ſo glücklich befolgte Methode, die Naturkräfte aus der Erfahrung kennen zu lernen, ſehr bald wieder zu verbannen; aber ihre offenbare Vorzüglichkeit machete ſie bey den Liebhabern einer gründlichen Wiſſenſchaft, bald ſo allgemein beliebt, daß man von der Zeit an, weder das Carteſianiſche Syſtem, noch irgend ein ähnliches, unter den Naturforſchern angenommen findet.

Kein Wunder war es übrigens, daß man jene Art zu philoſophiren ſo ungerne fahren ließ. Sie lehrete, auf einem gar kurzen Wege alles zu erklären, und ſchmeichelte beſonders dem Ehrgeize derjenigen, die als Häupter von Secten und als Stifter philoſophiſcher Syſteme zu glänzen ſuchten. Dabey muß man noch dieſes bedenken. Die von uns jetzt eingeſehene große Mannigfaltigkeit der Kräfte und Grundſtoffe natürlicher Dinge, welche ſich zwar vermuthlich in die größte Einförmigkeit und Einfachheit der erſten Urſachen auflöſen laſſen mag, iſt eine Sache, welche den Alten ganz unbekannt war. Sie glaubeten immer einen Hauptſchlüſſel zu den Geheimniſſen der Natur erhaſchen zu können. Einer betrog ſich nach dem andern, und doch argwohnete keiner, daß vielleicht kein Hauptſchlüſſel zu finden wäre, ſondern man dachte nur darauf, einen andern Schlüſſel zu verſuchen. Endlich aber ward doch der demüthigere, langſamere und mühſamere Weg der Erfahrung von allen, welche Naturforſcher ſeyn wollten, eingeſchlagen. Wir machen uns anjetzt keine Hoffnung, die großen allgemeinen, und einfachen Geſetze der Natur anders entdecken zu können, als dadurch, daß wir ihnen durch ein faſt endloſes, aber höchſt anmuthiges Labyrinth untergeordneter und beſonderer Geſetze nachſpüren.

Dieſe Grundſätze ſind inzwiſchen ſo ſpät allgemein geworden, daß man die eigentliche Epoche der Experimental-Naturlehre erſt in den Anfang der jetzt abzuhandelnden Periode ſetzen muß. Denn wirklich hat man nicht eher, als bis nach den Zeiten des Descartes, etwas von Wichtigkeit darinn geleiſtet. In den vorhergehenden Zeiten findet man die Gelehrten faſt mit keinen andern Unterſuchungen beſchäfftiget, als ſolchen, die ſie innerhalb der Wände ihres Studirzimmers vornehmen konnten, die mechaniſchen etwa ausgenommen; daß man alſo zwiſchen dem Naturkündiger und Mathematiker faſt gar keinen Unterſchied machete. Selbſt in der Chymie findet man vor dieſer Zeit wenig merkwürdiges, ſo groß auch die Menge

der

der chymiſchen Schriftſteller, und der Lärm iſt, den ſie mit ihren Proceſſen machen. Sie hatten ſelten etwas anders, als die Hervorbringung gewiſſer Subſtanzen, hauptſächlich Apothekerwaaren, zum Endzwecke, nicht aber die Erforſchung der Kräfte, wodurch ſie hervorgebracht würden. Allein gleich mit der angegebenen merkwürdigen Epoche, fieng man mit einem Eifer, der nun ſchon über hundert Jahre angehalten hat, an, die Experimental-Naturlehre in vielen Ländern Europens zu treiben. Und da einzelne Perſonen ihre Kräfte zu manchen Unterſuchungen, die mit Hülfe der Erfahrung gemachet werden mußten, nicht ſtark genug fanden, ſo vereinigten ſie ſich in Geſellſchaften, um die Kenntniß der Natur deſto leichter und geſchwinder zu befördern.

Die erſte dieſer Geſellſchaften ward in Italien errichtet, einem Lande, darinn alle Zweige ſeiner und nützlicher Kenntniſſe wieder aufgeblühet ſind. Der Stifter war der Großherzog von Toſcana, Leopold, im J. 1657. Die Mitglieder dieſer berühmten Geſellſchaft, welche die Academia del Cimento hieß, waren ſehr eifrig, in allen Theilen der Naturlehre Verſuche zu machen, und wurden darinn von ihrem großmüthigen Beſchützer aufs beſte unterſtützet. Sie vergaßen auch die Erſcheinungen des Lichtes nicht gänzlich, ob man gleich ſehen wird, daß ihre Verſuche darüber nur eine bloße Anzeige verdienen. Dieſe würdige Geſellſchaft beſtand nicht lange, die erſte und letzte Ausgabe ihrer Verſuche kam im Jahre 1667 heraus *). Stiftung der Akademie del Cimento.

Die zweyte Geſellſchaft dieſer Art entſtand in England, und zwar aus den Privatverſammlungen einiger weniger Gelehrten zu Oxford, nach geendigtem bürgerlichen Kriege. Sie ward von Karl II. als eine öffentliche Geſellſchaft im J. 1660 beſtätiget. Die dritte, in dieſem Zeitraum geſtiftete und merkwürdige naturforſchende Geſellſchaft iſt nur noch die Königliche Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris, welche vom Ludwig XIV. im J. 1666 geſtiftet, und im J. 1699 erneuert und verbeſſert iſt. Dieſe zwey Geſellſchaften beſtehen noch, und unterlaſſen nicht, jährlich ihre Beobachtungen und Entdeckungen herauszugeben, die jetzt auf ſehr viele Bände angewachſen ſind, darinn ein großer Schatz mathematiſcher und phyſikaliſcher Wahrheiten ſtecket. Der engliſchen und franzöſiſchen Akademien.

Diejenigen meiner Leſer, welche mit der Geſchichte der Phyſik überhaupt bekannt ſind, werden ſich von dem, was ſie in dieſer Periode zu erwarten haben, einen beſſern Begriff machen, wenn ich ihnen die Vornehmſten, die in derſelben auftreten werden, vorſtelle. Vorher muß ich aber dieſes bemerken, daß ich es für gut gefunden habe, den Umfang dieſer Periode nicht genau zu beſtimmen. Manches wird darinn ſchon aus Newtons Zeiten vorkommen, wenn es mit ſeiner großen Entdeckung, die verſchiedentliche Brechbarkeit der Strahlen betreffend, nichts zu thun hat, und wenn die Urheber ſolcher Beobachtungen überhaupt älter als Newton waren. Aus eben dem Grunde werde ich zu der letzten Periode meiner Geſchichte Berühmteſte Namen dieſes Zeitalters.

a) Muſſchenbrock hat die tentamina experimentorum in Academia del Cimento, zu Leiden 1731. 4. mit Zuſätzen herausgegeben. K.)

ſolche Entdeckungen rechnen, die zwar von Newtons Zeitgenoſſen gemachet, aber doch auf ſeinen Entdeckungen gegründet ſind, oder ſich darauf beziehen.

Bis hieher iſt in dieſer Geſchichte kein Engländer, die beyden Bacons ausgenommen, aufgetreten. In dieſem Zeitraume aber finden wir verſchiedene, die wegen ihrer Bemühungen in der Lehre vom Lichte unſere Aufmerkſamkeit verdienen. Ihre Verdienſte darum ſind auch nicht unbeträchtlich, wenn ſie gleich durch Newtons weit größere Entdeckungen verdunkelt werden; als welche ſo wichtig ſind, daß man die Hauptabtheilungen dieſer Geſchichte mit Rechte nach ihnen beſtimmet.

Boyle. Der erſte Engliſche Naturforſcher aus dieſer Periode iſt **Boyle**, deſſen Name in der Geſchichte faſt aller Theile der Experimental-Naturlehre mit Ruhme genannt werden muß. Man weis, wie groß ſein Eifer ſowohl für die Religion als die Wiſſenſchaften war. Glücklicher Weiſe war er darzu in ſolchen Umſtänden, daß er alle zu ſeinen phyſikaliſchen Unterſuchungen nöthige Unkoſten aufwenden konnte. Die ganze Naturwiſſenſchaft bereichert er mit zahlreichen, wohl angeſtellten, und mehrentheils glücklich gelungenen Verſuchen. Seine Entdeckungen trägt er mit der größten Deutlichkeit und Beſcheidenheit vor. **Die Verſuche und Beobachtungen über die Farben**, gehören unter die erſten Früchte ſeiner Arbeiten, da ſie 1663 herausgekommen ſind. Sie ſind ſehr reich an neuen Wahrnehmungen für die damaligen Zeiten. Vieles davon gehöret in andere Theile der erfahrenden Naturlehre; einige ſehr nützliche Anmerkungen daraus fallen aber in den Bezirk dieſer Geſchichte.

Jakob und David Gregory. Der nächſte Engländer, deſſen Arbeiten in dieſem Jahre verdienen bemerket zu werden, iſt **Jakob Gregory**, deſſen Optica promota im J. 1663 herausgekommen iſt. Dieſer Verfaſſer unterſuchet ſorgfältig die Urſachen der verſchiedenen Deutlichkeit, Helligkeit und Vergrößerung durch Teleſkope, und beweiſt verſchiedene, faſt noch nicht bemerkte, hieher gehörige Sätze. Die größte Verbindlichkeit aber iſt man ihm wegen der Erfindung ſeines reflectirenden Teleſkops ſchuldig. Sein Vätter, **David Gregory**, gab 1695. elementa Dioptricae et Catoptricae ſphaericae [b]), heraus, wovon wegen des ganzen mathematiſchen Inhalts eine bloße Anzeige hinlänglich iſt.

Barrow. Dr. **Iſaak Barrow**, Newtons Lehrer [c]), der wegen ſeiner großen Einſichten in die Geometrie ſo berühmt iſt, hat uns verſchiedene mathematiſche Unterſuchungen über die Optik geliefert, auch einige neue Anmerkungen über das Sehen gemacht [d]).

Molyneux. Desgleichen hat **Molyneux**, Lockens Freund, eine wohlgeſchriebene Abhandlung über die Dioptrik im J. 1693. herausgegeben. Aber ſowohl der Inhalt dieſes

b) Sie ſind 1735 wieder aufgeleget, mit einigen Briefen Jak. Gregorys und Newtons über das reflectirende Teleſkop. Wolf ſaget, daß Kenner viele Fehler darinn hätten bemerken wollen. K.

c) Im Engl. tutor.

d) In den lectionibus opticis et geometr. Cantabr. 1674. 4. und Lond. 1729. 4. K.

ſes Buches, als der gröſste Theil des Barrowſchen Werkes gehöret nicht für dieſe Geſchichte, weil es bloß mathematiſche und keine phyſikaliſche Unterſuchungen ſind.

Eine ſehr große Menge, zum Theil wichtiger Aufſätze, liefert innerhalb dieſes Zeitraumes der unermüdete und in Verſuchen ſo geſchickte Dr Hooke, Secretair der Königlichen Geſellſchaft, ein Mann, der viele Jahre hindurch die ganze Verſammlung belebte und in Anſehen erhielt. Er ſetzte freylich einen viel zu großen Werth auf ſeine optiſchen Beobachtungen und Erweiterungen; doch iſt dies für uns keine Urſache, ſie hinten an zuſetzen und herab zu würdigen. Dr. Hooke.

Die Italieniſchen Naturforſcher, welche in den erſtern Abſchnitten dieſer Geſchichte vor andern merkwürdig waren, überlaſſen in dieſer die Ehre optiſcher Entdeckungen gröſtentheils andern Nationen. Nur finden wir unter ihnen den Pater Grimaldi, den Gehülfen des Riccioli bey ſeinen aſtronomiſchen Arbeiten, einen in optiſchen Verſuchen ſehr geſchäfftigen und glücklichen Naturforſcher. Sonſt trugen ſeine Landsleute in dieſer Periode wenig zur Erweiterung der Optik bey, und der Leſer wird ſich betrogen finden, wenn er in der Folge viel mehr von ihnen zu hören erwartet. Grimaldi.

Unter den Franzoſen finden wir in dieſem Zeitraume verſchiedene berühmte Namen. Vor andern zeichnet ſich de la Hire aus, der mit der Naturlehre überhaupt ſich ſo ſehr, als irgend einer ſeiner Zeitgenoſſen, beſchäfftigte. Diejenigen von ſeinen Beobachtungen, welche für dieſe Geſchichte gehören, betreffen hauptſächlich die Theorie des Sehens. Seine Accidens de la vue e) werden allezeit als ein ſchätzbarer Beytrag zu den Kenntniſſen in dieſer Materie angeſehen werden. Mariotte hat ſich, ungeachtet ſeiner Widerſetzlichkeit gegen Newtons optiſche Entdeckungen, durch eine merkwürdige Entdeckung verdient gemacht, welche Gelegenheit gab, daß einige wichtige Stücke in der Theorie des Sehens von verſchiedenen Naturforſchern ſeiner Zeit gründlich unterſuchet wurden. Unter dieſe gehöret Perrault, der auch einige Abhandlungen über die Durchſichtigkeit der Körper, und die Urſache der Zurückwerfung und Brechung geſchrieben hat. Aber ſie ſcheinen bloß Theorien zu enthalten, die keine Erfahrungen zum Grunde haben. Deswegen werde ich ihrer nicht umſtändlicher erwähnen. de la Hire, Mariotte, Perrault.

Kein einziger hat ſich innerhalb dieſes Zeitraumes ſo viel Mühe, und mit ſo glücklichem Erfolge um die Optik gegeben, als Huygens. Er fieng ſeine Dioptrik in den jüngern Jahren ſeines Lebens an auszuarbeiten, wiewohl ſie erſt nach ſeinem Tode heraus gekommen iſt f). Dieſe Schrift iſt ſo vortrefflich, daß Newton ſelbſt allezeit Huygens.

e) In den Mem. de l' acad. de Paris. 1694. K.

f) Sie iſt in der Sammlung ſeiner nachgelaſſenen Schriften mit den Abhandlungen de vitris figurandis, und de coronis et parheliis, zu Leiden 1703, 4, herausgekommen. Die Dioptrik ſelbſt iſt 263 S. ſtark. Ich glaube, daß ſie noch jetzt denen, welche dieſe Wiſſenſchaft gründlich und deutlich erlernen wollen, vorzüglich zu empfehlen ſey, wenn gleich Montucla meynet, daß etwas Muth dazu gehöre, die Dioptrik daraus erlernen zu wollen. Für weichliche Conſtitutionen iſt das Buch freylich nicht, ſo wenig wie die Mathematik überhaupt. Aber, wer einen allgemeinen Begriff von der

allezeit mit der größten Achtung davon redete. Die Beweise sind nämlich nach geometrischer Methode, völlig nach Art der Alten, abgefasset, davon Newton ein großer Verehrer war. Huygens war auch sehr mit der Verbesserung der Fernröhre beschäfftiget, wie in dem letzten Abschnitte dieser Periode gezeigt werden wird. Sein Verdienst erstrecket sich aber nicht bloß auf die geometrische und praktische Optik. Er nahm eine neue, sehr sinnreiche Untersuchung vor, nämlich die Erklärung der Ereignisse an Höfen und Nebensonnen.

Guerike. Der berühmte Otto Guerike wird in dieser Geschichte auch nicht gänzlich übergangen werden, ob er gleich in dieser nicht so merkwürdig ist, wie in der Geschichte anderer Theile der Experimentalnaturlehre.

Cherubin. Ich darf diesen Abschnitt nicht beschließen, ohne zu bemerken, daß der Pater Cherubin, der Erfinder des Binocularteleskops, in dem gegenwärtigen Zeitraume, seine Dioptrique oculaire und Vision parfaite herausgegeben hat, wiewohl sie zu dieser physikalischen Geschichte keine Materialien liefern.

Zusatz des Uebersetzers.

Es wird so unrecht nicht seyn, wenn ich von einigen, in diese Periode fallenden, optische Schriften, da ich sie selbst nicht zur Hand habe, aus Wolfs kurzem Unterrichte von mathem. Schriften, ein kleines Supplement liefere.

Die Dioptrique oculaire des P. Cherubin (Paris 1671, fol. 5 A. 11. B. 16 Kupfer) enthält viel praktisches, und beschreibt viele Maschinen vom Glasschleifen. In der Vision parfaite Paris 1678. fol. 3 A. 10 B. 23 K. ist sein Hauptwerk, sein Binocolarteleskop, das er am Ende der Dioptrik angegeben, zu vertheidigen — Nicolaus Hartsoeker läßt sich in seinem Essai de Dioptrique Paris 1694. 1 A. 10 B. 4to. viel auf das physikalische ein, handelt auch sehr gut von dem Glasschleifen, als einer, der aus der Erfahrung redet. Dabey ist sein Vortrag sehr deutlich — Mariotte hat seine Theorie in dem essay de la nature des couleurs Paris 1681. gr. 12. 1 A. 9 B. 16 K. welcher der vierte und größte Theil seiner essays de Physique ist, vorgetragen; so wie Huygens die seinige in dem traité de la lumiere, à Leide 1690. 4to. 1 A. 2 B. — Zacharias Trabers Nervus opticus, Wien, 1675. fol. 2 A. 16 B. 28 K. tauget von Seiten der Theorie nichts, giebt aber gute praktische Anweisungen. (Es ist auch noch einmal zu Wien 1690 herausgekommen.) Noch umständlichern Unterricht in der praktischen Optik giebt Joh. Zahn in seinem Oculo artificiali, wovon die zweyte Ausgabe (die erste ist zu Würzburg 1685 gedrucket), aber mit vielen Druckfehlern, zu Nürnberg 1702. fol. 9 A. 8 B. herausgekommen ist.

Montücla

der Dioptrik mitbringt, und seinen Euklides im Kopfe hat, wird wenig Schwierigkeiten dabey finden. Es ist sehr vortheilhaft, die Dioptrik erst synthetisch zu treiben, ehe man sich an die analytische Bearbeitung derselben machet. K.

Montucla führet die Synopsis optica des Jesuiten Honoratus Faber, Lugduni 1667. 240 pag. 4. mit einigem Ruhme wegen ihrer Deutlichkeit und Präcision an, gesteht aber doch, daß der Verfasser, aus einer ihm gewöhnlichen Uebereilung, manche grobe Fehler begangen habe. Seine Deutlichkeit kann ich nicht sehr rühmen, da ich nicht einmal finden kann, ob er das beständige Verhältniß der Einfalls- und Brechungssinus gelten lassen will, oder nicht. Das Buch gehöret jetzt wohl unter die unbrauchbar gewordenen.

Erster Abschnitt.

Untersuchungen und Entdeckungen das Licht und die Farben überhaupt betreffend.

Geschwindigkeit des Lichtes.

Die größeste Entdeckung, welche in dieser Periode, und zwar durch Vernunftschlüsse, gemachet ward: eine Entdeckung, die wunderbarer ist als alle vorhergehenden, ist die Bestimmung der Geschwindigkeit, damit das Licht fortgepflanzet wird. Nicht, daß man sie, in dem Vorsatze sie zu finden, gefunden hätte; es war dies, wie fast alle große Entdeckungen, eine Folge solcher Beobachtungen, die in ganz andern Absichten angestellet wurden. In der That hatte kein Mensch bis dahin nur die Vorstellung von einer so erstaunlichen Geschwindigkeit gehabt, als man dem Lichte wirklich beylegen muß. Aristoteles dachte, wenn das Licht überhaupt eine Bewegung hätte, so müßte es in dem Fortgange desselben von Osten nach Westen merklich werden; worunter er vermuthlich verstand, daß die Bewegung des Tageslichts, längst der Oberfläche der Erde, dem Auge sichtbar werden müßte. Galileus, der erste, der die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen unternahm, da man viele Jahrhunderte hindurch die Fortpflanzung desselben für augenblicklich gehalten hatte, schmeichelte sich, er würde, auf die oben beschriebene Art, mit zwey Leuten und Fackeln sie entdecken können.

Mislungener Versuch.

Ohne sich durch seinen mislungenen Versuch abschrecken zu lassen, wiederholeten die Mitglieder der Akademie del Cimento den Versuch, und stelleten die beyden Beobachter noch einmal soweit, als Galileus es gethan hatte, nämlich zwey Meilen aus einander. Aber die Geschwindigkeit, welche in einer Weite von einer Meile sich nicht messen ließ, war eben so wenig auf zwey Meilen zu messen möglich a). Betrachtet man die Geschwindigkeit der Sache, die sie messen wollten, wie sie sich in der Folge gezeiget hat, so wundert man sich so wenig über das Mislingen des Versuches, daß man vielmehr geneigt ist, über die ganze Unternehmung zu lächeln.

Gelegenheit zur Entdeckung.

Endlich gelangte man zu dieser großen Entdeckung, und das bey Gelegenheit einiger Beobachtungen der Finsterniße der Jupiterstrabanten, die auf der Sternwarte der Pariser Akademie in den Jahren 1670 bis 1675 angestellet waren. Die Folge,

a) Muſſchenbroek tentamina part. 2. p. 183.

Folge, die man zuerst nur daraus zog, war, daß diese Trabanten einer bisher nicht bemerketen Ungleichheit ihres Laufs unterworfen wären. Das Hauptereigniß hierbey war, daß der erste Trabante bisweilen genau zu der nach den Tafeln berechneten Zeit aus dem Schatten trat, bisweilen aber nicht, so daß der gröste Unterschied sich auf 14 Min. belief. Diejenige Beobachtung, welche insbesondere diese Astronomen aufmerksam machete, war der Austritt des Trabanten, vom 9. November 1676, der sich um 10 Minuten später ereignete, als es im Monat August geschehen war, da die Erde dem Jupiter weit näher gestanden hatte [b]).

Römer entdeckt sie.

Cassini und Römer, welche diesen Umstand genau überlegten, machten beyde den Schluß, daß die Ungleichheit von der gegenseitigen Entfernung der Erde und des Jupiter abhienge; und beyde suchten die Ursache derselben darinne, daß das Licht ohngefähr 14 Minuten zubrächte, den Durchmesser der Erdbahn durchzulaufen. Cassini, der seine ersten Gedanken hierüber im August 1675 bekannt machete, verließ diese Hypothese so gleich wieder; aber Römer vertheidigte sie standhaft [c]). Maraldi bemühete sich nachher in einer Abhandlung des Jahrganges von 1707. p. 32. zu zeigen, daß diese Erklärung, wenn sie gleich den Erscheinungen bey dem ersten Trabanten anpassend wäre, doch bey den andern, oder bey den Finsternissen des Saturnus-Trabanten anstieße. Er richtete aber mit seinem Widerspruche nichts mehr aus, weil Römer den Beyfall der meisten Astronomen schon auf seiner Seite hatte. Spätere und genauere Beobachtungen haben auch gezeiget, daß seine Erklärung mit allen Erscheinungen am Himmel vollkommen übereinstimmt [d]).

Erläuterung. fig. 31.

Einen Begriff von der Beschaffenheit dieses Beweises für die allmählige Fortpflanzung des Lichtes zu geben, sey S die Sonne, I Jupiter. Wenn zu der Zeit, da die Erde in r ist, eine Verfinsterung eines der Trabanten, oder sonst eine Erscheinung am Jupiter, sich immer um 14 Min. später zutragen sollte, als zu der Zeit, da sie in T ist, so muß das Licht, durch welche die Erscheinung sichtbar wird, so viel Zeit auf seinem Wege von T nach r zubringen; daher es also sieben Minuten von der Sonne bis zu uns brauchet, eine Geschwindigkeit, die jede uns sonst bekannte übertrifft. Denn seit dem letztern Durchgange der Venus durch die Sonne, schätzet man den Halbmesser der Erdbahn über 90 Millionen englischer Meilen groß [e]).

Der

b) Philos. transf. abr. vol. I. p. 409.

c) Mem. de l' acad. des sc. 1707. Hist. p. 96. (Aus einigen Stellen, die de la Lande, Astronomie p. 1108, erste Ausg. und Weidler, hist. Astron. p. 540 vom Cassini anführen, scheint zu folgen, daß Römern diese sinnreiche Erklärung allein gehöre. K.)

d) Besonders mit der Aberration der Fixsterne, nach deren Entdeckung Maraldi selbst nicht mehr an der Richtigkeit der Römerschen Erklärung zweifelte. Mem. de l' ac. 1741. K.

e) Die besten Untersuchungen über die mittlere Parallaxe der Sonne, aus dem Durchgange der Venus, machen sie 8″, 86 groß, folglich ihre Entfernung ohngefähr 92, 000000 Meilen. (Die meisten Astronomen scheinen sich auf 8″, 69 oder 8″, 70 zu vereinigen. Diese letztere Parallaxe giebt die Entfernung der Sonne 23709 Halbmesser der Erde groß. Der Halbmesser der Erde ist in runden Zahlen 1000 Meilen jede zu 20000 Rheinl. Fuß gerechnet groß. K.)

Der größte Theil von Boylens Wahrnehmungen und Verſuchen gehören in dieſen Abſchnitt, weil ſie das Weſen und den Urſprung der Farben, nebſt der Beſchaffenheit der Körper, wovon ſie abhängen, zu erklären angeſtellet wurden. Zu dieſer Unterſuchung ward er durch ſeine Liebe zur Chymie veranlaſſet, demjenigen Theile der Naturlehre, darinne man zuerſt Verſuche gemachet hat, und darinne keiner fleißiger als er geweſen iſt.

Boyle von der Verſchiedenheit der Farben.

Vielerley Betrachtungen leiteten Boylen auf die Gedanken, daß eine Verſchiedenheit der Farben nicht allemal einen großen Unterſchied des inneren Gewebes der Körper anzeige. Doch war er geneigt zu glauben, daß ſie oft ein Merkmal beträchtlicher Veränderungen in der Lage der Theile gegen einander ſey, welches aus der Ausziehung der Tincturen erhelle, wobey die Veränderung der Farbe das vornehmſte und oft einzige Merkzeichen ſey, nach welchem der Künſtler ſich bey ihrer Zubereitung richte. Beyſpiele dieſer Art ſieht man an den Pflanzen, deren äußerliche Theile, ſo wie der Nahrungsſaft allmählig zur Reife gelanget, eine Farbe nach der andern annehmen. Ein nicht ſo gemeines Beyſpiel, ſaget er, giebt das Verfahren, Stahl zu Grabſticheln, Bohrern, Federn u. d. gl. zu härten, an die Hand. Es iſt dieſes: der zu härtende Stahl wird im Kohlfeuer geglühet, aber nicht ſogleich als er aus dem Feuer genommen wird, ins Waſſer geſtecket, ſondern ſo lange über einem Gefäße mit Waſſer gehalten, bis die weiße Gluth ſich in eine rothe verwandelt, worauf er alsdenn ſogleich in kaltem Waſſer gelöſchet wird. Der ſo gehärtete Stahl wird, wenn er gut iſt, weißlicht ausſehen. Wird er ferner an dem Ende polirt und in eine Lichtflamme gehalten, dergeſtalt, daß das polirte Ende ohngefähr einen halben Zoll von der Flamme entfernt liegt, ſo wird es ſeine Farbe mehrmals geſchwinde hinter einander verändern. Die hellgelbe Farbe deſſelben wird ſich in ein dunkler röthliches Gelb, und dieſes erſt in ein blaſſes, und darauf in ein dunkles Blau verwandeln. Jede dieſer auf einander folgenden Farben, zeiget eine beſondere, in dem Gewebe des Stahles vorgegangene Veränderung an. Denn wenn man ihn in der Zeit, da er noch gelb iſt, aus der Flamme zieht, und ihn augenblicklich in Talg löſchet, ſo wird er ſo hart ſeyn, daß man ihn zu Bohrern brauchen kann; hält man ihn aber einige Minuten länger in die Flamme, bis er blau wird, ſo wird er weicher, und dienet zu Uhrfedern, welche deswegen auch gewöhnlich blau ſind. Wird endlich der Stahl noch länger ins Feuer gehalten, nachdem ſich ſchon die dunkelblaue Farbe gezeiget hat, ſo wird er ſo weich, daß er nicht einmal zu Federmeſſerklingen taugt. Jedermann, fähret er fort, kann ſich von der nach Beſchaffenheit der Farbe ungleichen Härte des Stahles, leicht überzeugen, wenn er entweder die Feile nimmt, oder Stücke dünnen Drahtes, die beym Härten verſchiedene Farben bekommen, entzwey bricht, und die verſchiedenen Grade der Zerbrechlichkeit dabey beobachtet *f*). Dieſe Farben, merket er an, ſo lebhaft ſie auch ſind, befinden ſich doch bloß auf der Oberfläche. Denn, wenn man den

f) Boyle's Works by Shaw, vol. 2. p. 1.

Stahl zerbricht, zeigen nicht allein das Innere desselben, sondern auch die Theile zunächst der Oberfläche, bis auf die Dicke eines Haares, nichts von diesen Farben *g*).

Eine ähnliche Beschaffenheit hat es mit den Farben, welche unser Verfasser an einer großen, über einem starken Feuer geschmolzenen, Masse reines Bleyes bemerkte. Denn, wie er sie sogleich in ein reines eisernes Gefäß goß, und die Haut behende abnahm, sahe er auf der glatten glänzenden Oberfläche sehr schöne angenehme Farben geschwinde hinter einander erscheinen, bis das Metall sich abzukühlen anfieng; worauf die Farbe, welche sich eben zuletzt gezeiget hatte, darauf blieb, aber wie an dem Stahle, nur auf der Oberfläche haftete. Allein die Farben folgeten hier weder immer in derselben Ordnung, noch so regelmäßig auf einander, wie sie es beym Stahle pflegen, sondern auf folgende unordentliche Art, so geschwinde, daß er kaum Zeit hatte, sie zu Papier zu bringen: blau, gelb, purpur, blau, grün, purpur, blau, gelb, roth, purpur, blau, gelb, und blau, gelb, blau, purpur, grün, gemischtes gelb, roth, blau, grün, gelb, roth, purpur, grün *h*).

Er fand auch, daß, in gewissen Umständen, dieselben Farben an sehr ungleichartigen Körpern erscheinen. Wie er einst eine Kugel von Bergkrystall, welche von einem Steinschneider entzweygesäget war, betrachtete, und die ebenen Flächen der beyden Stücke gegen die Sonne hielt; so brachen die kleinen darauf befindlichen Vertiefungen und Erhöhungen, so glatt die Flächen auch im Schatten zu seyn schienen, das Licht dergestalt, daß noch lebhaftere Farben als an dem Regenbogen dadurch entstanden. Eben diese Farben beobachtete er auch auf der Oberfläche eines feinkörnichten Probiersteines; daß also sowohl an dem sehr durchsichtigen Krystalle als an dem sehr undurchsichtigen Probiersteine, die Theilchen auf der Oberfläche einerley lebhafte Farben verursacheten *i*).

Boyle von dem Unterschiede zwischen Weiß und Schwarz.

Ueber den Unterschied zwischen Weiß und Schwarz erklärete sich Descartes, wie oben bemerket ist, ziemlich richtig. Da aber Boyle noch verschiedene Bemerkungen und Versuche, die seine Theorie außer Zweifel setzen, gemachet hat: so glaube ich sie hier nicht vorbey lassen zu dürfen. Viele Gelehrte, saget er, denken, der Schnee glänze nicht durch ein geborgtes, sondern durch ein eigenthümliches Licht. Wie er aber in ein völlig verfinstertes Zimmer Schnee gebracht habe, so hätte weder er, noch sonst jemand ihn sehen können *k*).

Um zu erfahren, ob weiße Körper mehr Licht als andere zurückwerfen, hielt er ein weißes Blatt Papier gegen einen Sonnenstrahl, der in ein verfinstert Zimmer fiel. Dieses warf weit mehr Licht zurück, als ein Papier von jeder andern Farbe. Es erleuchtete einen beträchtlichen Theil des Zimmers.

Zur Bestätigung, daß weiße Körper die Strahlen nicht verschlucken, sondern zurückwerfen, füget er hinzu: daß weißes Papier durch gemeine Brenngläser entweder gar nicht, oder langsam, Feuer fange, oder sich verfärbe. Schon als ein Knabe, da er an den Versuchen mit diesen Gläsern sich sehr belustiget, habe er sich über

g) Ibid. p. 5.
h) Ibid. p. 5.
i) Ibid. p. 6.
k) Ibid. p. 29.

über dieſen merkwürdigen Umſtand ſehr gewundert; und ſey dadurch ſehr frühzeitig zum Nachdenken über den Urſprung der weißen Farbe, geführet worden; beſonders da er bemerket habe, daß auf weißem Papiere das Bild der Sonne nicht ſo deutlich begränzet ſey, wie auf ſchwarzem [l]); und daß, wenn er Dinte aufs Papier that, dieſe bald vertrocknete, und das Papier, welches ſich vorher nicht anzünden ließ, gleich Feuer fienge. Auch bemerkete er, daß, wenn er einen dünnen ſchwarzen Handſchuh anzog, ſeine Hand an der Sonne ſehr bald und ſtärker heiß ward, als wenn er ſie bloß, oder mit einem dünnen weißen ledernen Handſchuh bedecket dagegen hielt [m]).

Daß in Abſicht auf das Vermögen, die Sonnenſtrahlen zurückzuwerfen, Schwarz das Umgekehrte vom Weißen ſey, zu beweiſen, ließ er ſich einen großen Brennſpiegel vom ſchwarzem Marmor machen, und fand, daß er ihn gar nicht blendete, wie ein anderer Spiegel würde gethan haben; auch konnte er, ungeachtet der Spiegel ſehr groß war, kein Holz damit anzünden, ſo lange er es auch in den Brennpunkt hielt; da ein weit kleinerer Spiegel, von derſelben Geſtalt, aber von einer ſtärker zurückwerfenden Materie, es alſobald in Brand würde geſetzet haben [n]).

Sich noch mehr Licht hierüber zu verſchaffen, nahm er einen großen Dachziegel, färbete ihn zur Hälfte weiß, zur Hälfte ſchwarz, und legete ihn an einem Sommertage in die Sonne, ließ ihn eine Weile liegen, und fand, wie der ſchwarze Theil ſchon ſehr heiß geworden war, den weißen Theil noch kalt. Bisweilen ließ er auch einem Theile des Ziegels ſeine eigenthümliche rothe Farbe, worauf er fand, daß dieſer Theil zwar wärmer als der weiße, aber nicht ſo heiß wie der ſchwarze ward. Er bemerkete auch, daß ſchwarz ausgeſchlagene Zimmer nicht allein dadurch dunkler, ſondern auch wärmer werden. Er kannte verſchiedene Perſonen, die von ſolchen Zimmern große Unbequemlichkeit empfanden. Als einen andern Beweis ſeiner Hypotheſe führet er eine Erzählung eines glaubwürdigen Kenners an, der in einem heißen Erdſtriche, Eyer in kurzer Zeit an der Sonne habe gar machen geſehen, weil man ihre Schalen, ehe ſie in die Sonne geleget wurden, ſchwarz gefärbet hätte [o]).

Boyle von dem Unterſchiede der Farben im Sonnen und Mondenlichte.

Boyle bemerkete einen offenbaren Unterſchied der Farbe an verſchiedenen Körpern, wenn man ſie einmal im Sonnenlichte, und hernach beym Mondenſcheine betrachtete. Gelbes Papier ſchien im Mondenlichte weit bläſſer als bey Tage, und fiel in ein blaſſes Strohgelb. Rothes Papier veränderte ſich wenig. Es warf das Licht nur ſtärker zurück, als die übrigen Farben. Ein ſchön dunkelgrünes, für ſich allein betrachtet, ſchien dunkelblau; aber gegen ein dunkelblaues gehalten, ſchien es grünlicht, und gegen gelbes ſchien es noch blauer als zuvor. Blaues fiel in dun-

l) Kepler bemerket auch, (Paral. p. 220) daß das Bild der Sonne in dem Brennpunkte einer Kugel auf weißem Papiere größer ſcheine, als auf ſchwarzem, und ſchreibt es einer Ausbreitung des ſtarken Sonnenlichtes auf der Netzhaut zu. K.

m) Boyle's Works, p. 59.

n) Ibid. p. 34.

o) Ibid. p. 36.

kelpurpur. Purpurnes ſchien ſehr wenig verändert. Rothes endlich gegen gelbes gehalten, machete dieſes faſt wie braunes Packpapier ausſehen p).

Homberg über die Stärke des Lichtes.

Ein Verſuch von Homberg über die Grade der Stärke, damit einige Gattungen des Lichts einige leichter als andere halb durchſichtige Materien durchdringen, verdienet hier angeführet zu werden. Er begab ſich in ein Zimmer, dahinein kein Licht anders als durch eine Oeffnung kommen konnte, die mit einem zuerſt ganz rauhen, faſt undurchſichtigen Glaſe verſchloſſen war. Er konnte dadurch den Umriß der Gegenſtände, aber nicht ihre beſondern Farben erkennen. So wie er aber das Glas allmählig abſchliff, konnte er erſtlich die weißen Gegenſtände unterſcheiden, darauf die gelben, dann die grünen, rothen, und blauen, in der hier geſetzten Ordnung, zu allerletzt die ſchwarzen. Vielleicht iſt hierbey ein Verſehen vorgegangen, denn das Rothe hätte wohl früher als das Grüne ſich empfinden laſſen ſollen. Später als das Gelbe mag es allenfalls bemerket worden ſeyn, weil nach Newtons und anderer Beobachtungen das Gelbe, oder vielmehr das Orangengelb, dem Auge empfindlicher als Roth iſt q).

Hookes Farbentheorie.

Gründlichere oder beſſer zuſammenhängende Syſteme über das Weſen der Farben, als in der vorhergehenden Periode, erwarte man in dieſer ja nicht. Niemand hat ſich wohl eine wunderlichere Vorſtellung davon gemachet, als Dr. Hooke. Bisher hatte man immer drey Hauptfarben angenommen; er aber wollte nur zwey, blau und roth, dafür gelten laſſen, und ſahe die andern als Vermiſchungen der genannten an. Blau, ſaget er, iſt der Eindruck einer ſchiefen und verworrenen Erſchütterung r) des Lichtes auf der Netzhaut, deren ſchwächerer Theil voran geht, der ſtärkere nachfolget; roth iſt der Eindruck einer ſolchen Erſchütterung, davon der ſtärkere vorangehet, und der ſchwächere folget s).

Die Vorſtellung einer Farbe, ſaget Dr. Hooke, wird durch die Empfindung einer ſchiefen oder ungleichen Erſchütterung des Lichtes erreget, die nur zweyerley ſeyn kann, weil ſie nur zwey Seiten hat. Es ſind aber unendliche ſtufenmäßige Abwechſelungen dabey möglich. Jede der beyden Arten fängt mit Weiß an, und endiget ſich, eine mit dem dunkelſten Scharlach oder Gelb, die andere mit dem dunkelſten Blau t).

Zwey durchſichtige Körper werden undurchſichtig.

In der Meynung, daß roth und blau der Grundſtoff aller andern Farben wären, wollte er ſeine Vorausſetzung durch einen Verſuch beſtätigen. Zu dem Ende füllete er ein prismatiſches gläſernes Gefäß mit einer ſtarken Kupferſolution, welche ein ſchönes Blau gab, und ein anderes mit einer ſtarken Tinctur von Aloe, welche ein ſchönes Roth ward. Weil nun an den Ecken dieſer Gefäße die Farben ſchwächer, und in der Mitte dunkler waren, ſo glaubte er alle mögliche Abänderungen von Farben dadurch hervorzubringen, wenn er zwey Seiten zuſammen, und die Ecken nach entgegengeſetzten Seiten ſtellete, und an verſchiedenen Stellen durchſähe.

Nun

p) Ibid. p. 58.
q) du Hamel Hiſtoire p. 535.
r) Im Engl. pulſe.
s) Micrographia, p. 64.
t) Ibid. p. 67.

Nun fand er zwar nicht, was er ſich vermuthete; aber dafür, ſaget er, noch etwas wunderbareres; nämlich, er konnte durch beyde Prismata, die an einander geſtellet waren, nichts ſehen, ob ſie gleich jedes für ſich durchſichtig genug waren, wenn er ſie auch zweymal ſo dicke nahm *). Newton hat in der Folge dieſen Verſuch erkläret, nämlich, weil eine Gattung von Strahlen von dem rothen Liquor, die andere von dem blauen verſchlucket wird, ſo laſſen beyde zuſammen keine von beyden durch.

De la Hire, der nicht aus Mangel von Aufmerkſamkeit irrete, erkläret alle Verſchiedenheit der Farben aus der Verſchiedenheit der Stärke, womit das Licht (daſſelbe Licht vermuthlich) den Sehenerven trifft. Was dieſen Eindruck ſchwäche, verändere auch die Farbe. So ſcheine das rothe Blut blau, wegen der darüber liegenden Haut. Die Luft, welche von den Sonnenſtrahlen ein weißes Licht erhalte, ſcheine wegen des ſchwarzen Grundes, dem jenſeits liegenden unerleuchteten Raume, blau. Dergleichen geringfügige Anmerkungen machet er mehr, und das zu einer Zeit, da Newtons Hypotheſe von der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichtes, als der Urſache der Farben, ſchon lange bekannt gemacht worden war, und eine allgemeine Aufmerkſamkeit erreget hatte *).

Zweyter Abſchnitt.

Erfahrungen und Unterſuchungen über die Zurückwerfung des Lichtes.

Ueber die von Linſengläſern durch Zurückwerfung gemachte Bilder.

Zur Einleitung dieſes Abſchnittes will ich einen Verſuch anführen, welchen die Mitglieder der Akademie del Cimento anſtelleten, einen beſondern Einfall von Keplern dadurch entweder zu beſtätigen oder zu widerlegen: dieſen nämlich, daß die Bilder, welche Linſengläſer durch die Zurückſtrahlung machen, von der Luft entſtünden, welche ſich an die hintere Fläche hienge, und die Dienſte einer Zinnfolie thäte. Sie kütteten eine Linſe an die Mündung eines gläſernen Gefäßes, das ſich in eine Röhre, von der Länge einer Barometerröhre endigte, fülleten es mit Queckſilber, kehreten es darauf um (ein ander Mittel, einen luftleeren Raum zu machen, hatte man damals noch nicht) und ſahen, wie ſie dieſe Vorrichtung in ein verfinſtertes Zimmer brachten, daß das Bild, welches von den Strahlen, die durch die Linſe giengen, gemachet ward, eben daſſelbe blieb, ob gleich keine Luft die Linſe berührete. Allen Zweifel, ob auch Queckſilbertheilchen ſich ans Glas möchten gehängt haben, zu heben, brachten ſie Weingeiſt durch das Queckſilber hinein, daß er an das Linſenglas treten, und das etwa vom Queckſilber zurück gebliebene abwaſchen ſollte *).

In

*) Ibid. p. 74.
*) Mem. de l' acad. des ſc. 1711. p. 100.
*) Muſſchenbroek tentamina, p. 166.

(Die Akademiſten ſahen zwey durch zurückgeworfenes Licht verurſachete Bilder, ein kleineres, ſehr helles und immer aufrechtes, von

Kircher vom nephritischen Holze.

In diesen Abschnitt gehöret die Erzählung von den merkwürdigen Eigenschaften der Infusion des nephritischen Holzes, in Absicht auf das durchgehende oder zurückprallende Licht. Die Hauptbegebenheiten dabey setzte Boyle völlig ins Licht, obgleich schon Kircher in der vorigen Periode verschiedenes merkwürdige daran beobachtet hatte. Er beschreibt das nephritische Holz, als ein weißes Holz, das aus Mexiko komme, und von den Landeseinwohnern Coatl oder Tlapazatli genannt werde. Man habe zwar bis dahin geglaubt, daß es das Wasser nur himmelblau färben könne, allein er habe gefunden, daß es ihm alle Farben zu geben vermöge. Eine Infusion von diesem Holze in eine Glaskugel gethan, und gegen ein starkes Licht gehalten, scheine ohne alle Farben so klar wie Quellwasser, nehme aber eine grüne Farbe an, wenn sie in einen etwas schattichten Ort gebracht werde, und werde röthlich, wenn man sie an einen noch dunklern Ort trage. An einem finstern Orte, oder in einem undurchsichtigen Gefäße, werde sie himmelblau [b]).

Ein Becher von diesem merkwürdigen Holze ward Kirchern von dem Procurator seiner Gesellschaft zu Mexico geschenkt, welchen er nachher dem Kaiser als eine besondere Seltenheit verehrete. Es heißt Lignum nephriticum, weil die Infusion in Zufällen an den Nieren und der Blase helfen soll. Die Einwohner des Landes, wo das Holz zu Hause gehört, brauchen es dagegen.

Die Veränderlichkeit der Farbe an dieser Infusion, saget Kircher, habe ihn anfangs sehr in Verwirrung gesetzet, weil er nicht gewußt habe, ob diese Farben wahre oder bloß scheinbare, nach der damals gewöhnlichen Eintheilung, wären. Endlich, meldet er, habe er die Ursachen entdecket, verspricht auch, sie an einem andern Orte mitzutheilen, hält aber, so viel ich finden kann, sein Wort nicht.

Boyles Versuche damit.

Boyle verbesserte einige übereilte Wahrnehmungen von Kirchern, und veränderte seine Versuche mit diesem Holze auf eine sehr angenehme Art. Einige seiner Beobachtungen sind so merkwürdig, daß ich nicht umhin kann, sie anzuführen, wenn ich gleich dadurch tiefer in die Chymie hineingerathe, als ich es nöthig hatte.

Er ist der erste, der die beyden sehr unterschiedenen Farben deutlich angegeben hat, welche die Tinctur von diesem Holze, bey durchgehendem und zurückgeworfenem Lichte annimmt. Wird sie, saget er, gerade zwischen das Licht und das Auge gehalten, so wird sie, (nur zu öberst nicht, wo ein himmelblauer Ring bisweilen erscheint) fast goldfärbicht aussehen; ausgenommen, wenn die Infusion zu stark ist, da sie dunkel oder röthlich aussieht, und mit Wasser verdünnet werden muß. Hält man aber das Auge zwischen das Licht und die Infusion, so wird sie von einer schönen dunkelblauen Farbe seyn, so wie auch die Tropfen, wenn etwa einige an dem Glase hängen.

Als

von der vordern erhabenen Glasfläche; das andere, ein größeres, matteres, und mehrentheils umgekehrtes Bild, von der innern hohlen Fläche des Glases. K.)

b) Ars magna lucis et umbr. p. 77. (Kircher läßt das Wasser in einer Schale von diesem Holze erst stehen, worinn es blau aussieht. Darauf nimmt er die beschriebenen Processe vor. Priestley setzet statt der blauen Farbe hier zweymal grün. K.)

Als er ein wenig von dieſer Tinctur auf ein Blatt weiß Papier goß, und es ins Fenſter in Sonnenſchein legte, bemerkte er, daß, wenn er den Rucken gegen die Sonne kehrete, der Schatten ſeiner Feder, oder einer andern ſolchen dünnen Sache, der auf die Feuchtigkeit fiel, nicht ganz ſchwarz, wie ſonſt ein Schatten zu ſeyn pfleget, ausſah, ſondern daß ein Theil davon artig gefärbet war; der Rand nämlich hatte eine muntere Goldfarbe, die innern Theile waren blau. Das Wunderbare bey dieſen und andern Erſcheinungen machte ihn ſehr begierig, die Urſache derſelben zu entdecken. Ganz fruchtlos fielen ſeine Unterſuchungen auch nicht aus.

Weil er ſahe, daß dieſe Tinctur, wenn ſie zu ſtark war, nicht ſo ſchöne Farben, wie ſonſt zeigte, daß auch durch öftere Aufgießung friſchen Waſſers, die färbende Kraft des Holzes ſich allmählig verlor: ſo muthmaaßete er, die Tinctur möchte wohl viel von dem weſentlichen Salze des Holzes enthalten. Um nun zu verſuchen, ob die feinen Theilchen, welche die Farbe verurſachten, flüchtig genug wären, um, ohne Zerſtörung ihrer Zuſammenſetzung, abgezogen zu werden; ſo ſetzete er etwas davon der mäßigen Hitze eines Lampenofens aus. Allein er fand, daß alles übergangene ſo klar und farbenlos, wie Quellwaſſer, und hingegen das zurückgebliebene ſo dunkelblau war, daß nur bloß in ſehr ſtarkem Lichte ſich Farben daran zeigten.

Er goß in eine kleine Quantität dieſer Tinctur ein ganz wenig diſtillirten Weineſſig. Sogleich verſchwand die blaue Farbe, und die Goldfarbe blieb, er mochte ſie gegen das Licht halten, wie er wollte.

Wieder ließ er in eben dieſe Tinctur ein paar Tropfen zerfloſſenen Weinſteinſalzes fallen, worauf ſie augenblicklich ihre blaue Farbe wieder erhielt, und alle dieſelben Erſcheinungen, wie vorher, zeigete [c]).

Eine noch größere Verſchiedenheit der Farben bemerkete er, wenn er eine mit dieſer Tinctur gefüllte runde langhälſigte Phiole in einem verfinſterten Zimmer, dahinein durch eine kleine Oeffnung ein Sonnenſtrahl fiel, bald nahe an die Sonnenſtrahlen, bald halb hinein und halb heraus hielt, auch die Lage der Phiole veränderte, und ſie von unterſchiedlichen Stellen des Zimmers betrachtete. Außer den gewöhnlichen Farben ſpielete ſie an einigen Stellen roth, an andern grün. Inwendig zeigeten ſich noch andere zwiſchen jene fallende Farben, nach den verſchiedenen Graden und ungleichen Miſchungen des Lichtes und Schattens [d]).

Den Unterſchied zwiſchen durchgehendem und zurückgeworfenem Lichte bemerkete Boyle auch am Golde, wovon aber vor Newton niemand die Urſache angegeben hat. Er nahm ein Goldblättchen, hielt es zwiſchen das Auge und das Licht, worauf es grünlicht blau ausſah. Bey dem Scheine einer Lichtflamme bemerkete er dieſelbe Veränderung der Farbe. Allein bey Silberblättchen zeigete ſich keine [e]). Verſuch mit Goldblättchen.

Die Haupterſcheinungen an dieſer Infuſion vom nephritiſchen Holze laſſen ſich nach der Newtonianiſchen Lehre von der verſchiedenen Beſchaffenheit der Lichtſtrahlen in Abſicht auf Brechung und Zurückwerfung, wie auch von der Geneigtheit gewiſſer

c) Boyle's works, vol. 2. p. 60.
d) Ibid. p. 62.
e) Ibid. p. 59. (Dieſe Beobachtung habe ich oben ſchon vom Harriot angeführet. A.)

wisser Körper, einige Gattungen von Strahlen zurückzuwerfen, und andere durchzulassen, erklären. Denn so wird ein solcher Körper eine andere Farbe zeigen, wenn man ihn vermittelst des zurückgeworfenen Lichtes sieht, als wenn das durchgehende ins Auge kömmt. Luft und Meer haben, wie die Beobachtungen folgender Zeiten gelehret haben, mit jener Infusion etwas ähnliches. Die blauen und andere Lichtstrahlen von der schwächern Gattung fahren nicht so tief in sie hinein, wie die rothen. Worinn aber diese gemeinschaftliche Beschaffenheit bestehe, verdienet erwogen zu werden. Denn fast alle andern Tincturen, selbst die vom nephritischen Holze, nach einiger vom Boyle damit gemachter Veränderung, so wie alle andere halb durchsichtige gefärbte Materien, als Glas, zeigen in jeder Lage des Auges einerley Farbe. Die Vermehrung oder Verminderung der Quantität verursachet weiter keinen Unterschied, als daß die Farbe dunkler oder blässer wird.

Farben dünner Blättchen.

Die erste deutliche Bemerkung der Farben, welche dünne Blättchen (plates) verschiedener Materien zeigen, habe ich beym Boyle angetroffen. Den Chymisten zu beweisen, daß, ohne irgend eine Veränderung in den schwefelichten, salzigen, oder mercurialischen Bestandtheilen der Körper, Farben hervorgebracht und vertrieben werden können, führet er an, daß alle chymische wesentliche Oele, wie auch guter Weingeist, so lange, bis sie Blasen werfen, geschüttelt, vielerley Farben spielen, die sobald die Blasen bersten, verschwinden. Also könne man einem farbenlosen Liquor sogleich eine Menge Farben geben und wiedernehmen, ohne seine Bestandtheile im geringsten zu ändern. Hierauf erwähnet er die Farben, die an Seifenblasen und am Terpentin erscheinen. Er hat sich einigemale ein Glas so dünne blasen lassen, daß es ähnliche Farben spielete. An einer Feder von gewisser Gestalt und Größe, wie auch an einem schwarzen Bande, die er in gehöriger Entfernung, zwischen sein Auge und die Sonne hielt, bemerkete er eine Menge kleiner Regenbogen, wie er sich ausdrücket, mit sehr lebhaften Farben, da man doch sonst dergleichen nicht an diesen Sachen wahrnimmt *f*).

Hookes Versuch mit der Seifenblase.

Noch genauer und umständlicher untersuchete diese Sache Dr. Hooke. Weil er seinen Entdeckungen gerne den Anstrich des Wunderbaren gab, so versprach er bey einer Zusammenkunft der Gesellschaft, am 7 März 1672. bey der nächsten etwas mitzubringen, das weder Brechung noch Zurückstrahlung zeigte, und doch durchsichtig wäre. Diesem zufolge brachte er, zur bestimmten Zeit, die berühmte farbichte Seifenblase hervor, davon hernach Newton einen so vortrefflichen Gebrauch machte, deren auch Boyle, schon neun Jahre vorher, in seiner Schrift von Farben, Erwähnung gethan hatte, welches aber Dr Hooke und seine Zeitgenossen scheinen übersehen zu haben. Ein so besonderer Versuch mußte nothwendig die Aufmerksamkeit der Gesellschaft erwecken, welche Hooken bat, bey der nächsten Zusammenkunft eine schriftliche Nachricht davon mitzubringen. Dies that er. Damit man diese erste Beschreibung mit der genauern, die im folgenden nach dem Newton gegeben werden soll, vergleichen könne, will ich sie hier mittheilen.

Mit

f) Ibid. p. 70.

Mit einer kleinen gläſernen Röhre wurden verſchiedene kleine Blaſen aus einer Miſchung von Waſſer und Seife hervorgebracht. Dieſe waren zuerſt weiß und klar; aber nach einiger Zeit, da das Waſſerhäutchen dünner ward, zeigten ſich alle Regenbogenfarben darauf. Zuerſt Blaßgelb, darauf Orange, Roth, Purpur, Blau, Grün, u. ſ. w. Dieſelbe Reihe von Farben entſtand mehrmals hinter einander, mit dem Unterſchiede, daß die erſten und letzten Reihen matt, die mittlere aber ſehr helle war. Nachdem die gedachten Veränderungen mit den Farben vorgegangen waren, ward das Häutchen der Blaſe wieder weiß, und ſogleich erſchienen an verſchiedenen Stellen dieſer zweyten weißen Haut einige Löcher, welche allmählig ſehr groß wurden, da ſie zum Theil in einander liefen. Nachdem er noch einige, nicht ſonderlich wichtige Beobachtungen erzählet hat, ſaget er, es ſey wunderbar, daß, ungeachtet ſowohl die umgebende als umgebene [g]) Luft Oberflächen habe, er doch daran weder Zurückſtrahlung noch Brechung bemerken könne, die doch an allen andern Theilen der eingeſchloſſenen Luft ſich zeige. Dieſer Verſuch, fähret er fort, ſcheine zwar dem erſten Anblicke nach ſehr unbedeutend; er könne aber als einer der lehrreichſten zur Erforſchung des Weſens und der Urſache der Zurückwerfung, der Brechung, der Farben, der Verwandtſchaft und Widerwärtigkeit [h]), und anderer Eigenſchaften der Körper angeſehen werden. Er verſprach hierüber noch mehr Unterſuchungen anzuſtellen [i]), wiewohl ich nicht finde, daß er ſein Wort gehalten hat; und es iſt auch nichts daran gelegen, weil wir die Sache bald in beſſern Händen finden werden. Ferner, ſaget er, hat eine und dieſelbe Sache verſchiedene Farben, nachdem man ſie durch zurückgeworfenes oder durchgehendes Licht ſieht; ſo etwa, wie die Tinctur vom nephritiſchen Holze. Auch von dieſer Erſcheinung verſpricht er eine Erklärung, ohne ſein Verſprechen zu erfüllen, welches wir, aus dem ſchon angeführten Grunde, nicht ſehr zu bedauern Urſache haben [k]).

Hooke von den Farben des Ruſſiſchen Glaſes.

Dr Hooke war der erſte, der die ſchönen Farben, welche man an dünnen Blättchen ruſſiſchen Glaſes ſieht, wo nicht bemerket, doch beſchrieben hat. Das bloße Auge ſchon, ſaget er, findet ſie ſehr ſchön; weit ſchöner aber erſcheinen ſie durchs Mikroſkop. Dadurch ſahe er, daß dieſe Farben Ringe um die weißen Flecke oder Riſſe, in dieſem dünnen Körper ausmachten; daß ihre Ordnung eben dieſelbe wie an dem äußern Regenbogen war; und daß ſie oft zehnmal wiederholet waren. Er bemerkete, daß einige dieſer Farbenringe weit heller als die andern, und einige weit breiter waren. Waren ſie an einem Orte breit, und dem bloßen Auge ſichtbar, ſo konnte man durch einen Druck des Fingers auf dieſen Ort, ſie von der Stelle rücken machen. Endlich bemerkete er auch, daß man, aber mit vieler Sorgfalt, dieſes Glas in Blättchen von $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ Zoll dick [l]) ſpalten könnte, deren jedes durchs

g) Im Engl. encompaſſing and encompaſſed. Ich verſtehe diejenige Luft, welche an den anſcheinenden Löchern der Blaſe lag. Z.

h) Congruity and incongruity.

i) Birch's hiſtory, vol. 3. p. 29.

k) Ibid. p. 54.

l) Soll vermuthlich etwa $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ Linie heißen. Z.

Mikroskop, mit einer oder andern lebhaften Farbe gleichförmig prangete, und daß die Blättchen selbst durchaus gleich dicke waren [m]).

Aehnliche Bemerkung.

Eine ähnliche Bemerkung hatte schon einige Zeit zuvor lord **Brereton** gemachet, der 1666 bey einer Versammlung der Königl. Gesellschaft einige Stücke Glas vorzeigete, welche man aus einem Kirchenfenster sowohl an der Nord- als Südseite genommen hatte. Er bemerkete, daß sie alle von der Luft angegriffen waren, daß aber die von der Südseite einige Farben, gleich den Regenbogenfarben, an sich hatten; welche an denen von der Nordseite gar nicht befindlich waren [n]). Dieses Ereigniß hat man seitdem oft, und in andern Umständen, beobachtet. Ganz gewiß ist in allen dergleichen Fällen das Glas in dünne Blättchen gesplittert, welche aus demselben Grunde farbicht sind, aus dem es die vom Hooke beobachtete Seifenblase und dünne Luftblättchen sind, worüber wir vom Newton eine vollständigere Erklärung erhalten werden. Mit gehöriger Sorgfalt lassen sich die Glasblättchen absondern, dadurch die Theorie bestätiget wird.

Farben dünner Luftblättchen.

Unter andern Versuchen, welche Dr. Hooke der Königl. Gesellschaft, Newtons damals eben ihr mitgetheilete Farbentheorie zu wiederlegen, vortrug, ist einer, den ich hier nicht vorbeylassen kann. Dr. Hooke hat wenigstens an der Ehre, die Beobachtung zuerst gemachet zu haben, eben soviel Antheil, als jener berühmtere Naturforscher, wenn er gleich nicht soviel Gebrauch davon gemachet hat. Sie betrifft die Farben, welche sich an dünnen Luftblättchen zeigen. Die Erzählung kann zur Vergleichung der ältern und unvollkommenern Versuche mit den neuern und genauern dienen.

Er nahm zwey dünne, eben geschliffene und polirete Glasplatten, legete sie auf einander, und drückete sie zusammen, bis in der Mitte ein roth gefärbter Fleck entstand. Da er sie noch fester andrückete, bemerkete er verschiedene Farbenringe um jene Stelle herum, bis zuletzt alle Farben aus der Mitte dieser Ringe verschwanden, und der Centralfleck weiß ward; der aber, wenn er die Platten noch mehr an einander drückete, einige schwarze Stellen bekam. Die erste Farbe, welche erschien, war roth, darauf folgeten gelb, grün, blau, purpur; alsdenn wieder roth, gelb, grün, blau, purpur; und dieses in derselben Ordnung immer fort, so daß er bisweilen neun oder zehen Ringe zählete, worinn das Roth immer an den Purpur gränzete. Diese Ringe veränderten sich mit der Lage des Auges, so daß, ohne an den Gläsern was zu verändern, derjenige Theil, welcher in einer Lage des Auges roth erschien, in einer andern blau, in noch einer andern grün, u. s. f. aussah [o]).

Warum man in einer tiefen Grube bey Tage Sterne sehen kann.

Zum Beschluß dieses Abschnittes will ich eine gute Bemerkung vom **Otto Guerike**, zur Erklärung, warum auf dem Grunde einer tiefen Grube Sterne bey Tage sichtbar sind, anführen. Die Ursache saget er, ist, weil das Sternenlicht von den Sonnenstrahlen nicht überwältiget wird, indem diese durch die mannigfaltigen Zurückwerfungen längst der Grube hinunter verlohren gehen, und das Auge des Zuschauers unten am Grunde nicht erreichen [p]).

Dritter

m) Micrographia, p. 48.
n) Birch's history, vol. 2. p. 104.
o) Ibid. vol. 3. p. 54.
p) Experimenta Magdeburgica, p. 141.

Dritter Abschnitt.

Untersuchungen über die Brechung des Lichtes.

In dem Zeitraume dieser Periode finden wir verschiedene Mitglieder der Königl. Gesellschaft mit Versuchen über die brechende Kraft verschiedener Mittel beschäfftiget. Aber sie brachten nichts merkwürdiges heraus. In einer Versammlung am 31 Aug. 1664 ward über die Brechung des gemeinen Wassers ein Versuch mit einem neuen, zu diesem Ende erfundenen, Werkzeuge gemachet, wodurch sie bey einem Einfallswinkel von 40 Gr. den Brechungswinkel 30 Gr. fanden [a]).

Brechung nicht der Dichte proportional.

Um eben diese Zeit finde ich auch zuerst erwähnet, daß die Größe der Brechung sich nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Mittel richte. Denn Boyle bemerket in einem Briefe an den Secretair der Gesellschaft, Oldenburg, vom 3 Novemb. 1664, daß das Brechungsverhältniß für Weingeist, wie 4 : 3 sey; daß, so wie Weingeist eine stärkere Brechung als gemeines Wasser verursache, Terpentinoel, das noch leichter als Weingeist sey, nicht allein eine stärkere Brechungskraft als gemeines Wasser, sondern auch als Salzwasser besitze [b]). Und bey einer Versammlung am 9 November desselben Jahres benachrichtigte Dr. Hooke die Gesellschaft, welche ihm die fernere Untersuchung aufgetragen hatte, von einem Versuche, den er mit reinem und klaren Baumoel (sallad oil) angestellet hatte, dessen brechende Kraft er größer als aller bisher versuchten Flüßigkeiten fand. Der Brechungswinkel war nicht kleiner als 46° 30′ bey einem Einfallswinkel von 30 Gr. und 29° 47′ bey einem Einfallswinkel von 20° [c]).

de la Hirens Beobachtungen.

Auch de la Hire machte verschiedene Versuche über die brechende Kraft des Oeles in Vergleichung mit derjenigen des Wassers und der Luft [d]), und fand das Brechungsverhältniß, 60:42, welches, wie er bemerket, dem Brechungsverhältnisse am Glase ein wenig näher als dem an Wasser kömmt, obgleich Oel viel leichter als Wasser, und Glas viel schwerer ist [e]).

Da die Mitglieder der Königlichen Gesellschaft fanden, daß die Brechung im Salzwasser stärker als im süßen wäre, so verfolgten sie die Versuche noch weiter an Auflösungen von Vitriol, Salpeter und Alaun, und beobachteten, daß die beyden erstern eine etwas größere brechende Kraft als gemeines Wasser, die letzte aber eine etwas geringere hatte [f]).

Ueber die brechende Kraft des Eises.

Dr Hooke machte den 11 Febr. 1663. vor der Gesellschaft einen Versuch, der deutlich bewies, daß Eis nicht so stark das Wasser wie Licht breche. Dieses sahe er

a) Birch's history, p. 463. (Dieses giebt das Brechungsverhältniß 10000: 7779. K.)

b) Birch's history, vol. I. p. 480.

c) Ibid. p. 483. (Das Brechungsverhältniß folget hieraus theils 10000: 6893, theils 10000: 6885. Harriot hat schon die Dichtigkeit der Körper bey der Brechung in Vergleichung gezogen. Epist. ad Kepl. pag. 376. K.)

d) Vermuthlich des Glases. K.

e) Memoires anciens, vol. 9. p. 382.

f) Birch's history, vol. I. p. 501.

als einen guten Beweis an, daß die Leichtigkeit des Eises, nach welcher es auf dem Wasser schwimmt, nicht allein von den darinne befindlichen sichtbaren Bläschen, sondern auch von der Zusammensetzung der ganzen Masse herrühre *g*). Auch de la Hire gab sich viel Mühe zu erforschen, ob, nach der damals gewöhnlichen Meynung, Wasser und Eis einerley brechende Kraft hätten; fand aber, wie Hooke, daß sie beym Eise geringer wäre *h*).

und der Luft. Durch einen im Jahre 1698 angestellten sehr genauen Versuch, da ein Lichtstrahl durch ein Torricellianisches Leere gelassen ward, fand Lowthorp, daß die brechende Kraft der Luft und des Wassers sich wie 36 zu 34400 verhalte *i*). Die Nachricht von seinem Versuche beschließt er mit der Anmerkung, daß die brechende Kraft der Körper ihrer Dichte, oder wenigstens ihrer Schwere, nicht proportional sey. Die brechenden Kräfte des Glases und Wassers seyn wie 55 zu 34, da ihre Schweren sich wie 87 zu 34 verhalten, d. i. die Quadrate der brechenden Kräfte verhalten sich sehr nahe wie die Schweren der Körper. Es giebt auch Flüßigkeiten, welche leichter als Wasser sind, und doch eine größere brechende Kraft haben. So verhält sich die brechende Kraft des Weingeistes und des Wassers, nach Hookens Versuch, wie 36 zu 33, da ihre Schweren sich umgekehrt, wie 33 zu 36 oder $36\frac{1}{2}$ verhalten. Allein die brechenden Kräfte der Luft und des Wassers scheinen sich gerade zu wie ihre Schweren zu verhalten. Sollte dies, saget er, durch mehrere Versuche bestätiget werden, so sey wahrscheinlich die brechende Kraft der Luft, in jeder Höhe über der Erde, ihrer Dichte proportional; daher es nicht schwer fallen würde, den Weg des Lichtes durch den Dunstkreis, in so ferne es den Erdschatten begränzt, anzugeben; und zu untersuchen, in welcher Entfernung der Mond von der Erde nach der beobachteten Dauer der Verfinsterung seyn müsse. Mehrere Gedanken von Lowthorpen über die Atmosphäre findet man in Hookens von Derham herausgegebenen Versuchen, S. 338.

Der jüngere Cassini war eben gegenwärtig, als Lowthorp den ersterwähnten Versuch vor der Königl. Gesellschaft machete. Auf die Nachricht, die er, nach seiner

g) Hooke's experiments by Derham. p. 501.

h) Mem. de l' acad. des sc. 1693. p. 25.

i) Das Wort Kraft muß sich zu allen Bedeutungen bequemen, die man ihm zu geben für gut findet. Hier scheint das Verhältniß der Kräfte für das Verhältniß der Winkel, genommen zu werden, welche der einfallende und gebrochene Strahl, bey dem Uebergange aus dem brechenden Mittel in Luft oder in den leeren Raum mit einander machen. So ist es gleich im folgenden für Glas und Wasser zu verstehen, wenn man statt der Sinus die Winkel nimmt. Lowthorp fand das Brechungsverhältniß aus Luft in leeren Raum, 100000 : 100036. (Kästners Lehrbegriff der Optik S. 438). Das aus Wasser in leeren Raum ist 100000: 133618. Nach dem angenommenen Begriffe wäre also das Verhältniß der brechenden Kräfte für Luft und Wasser, das von 36 zu 33618.

Allein der angenommene Begriff ist höchst willkührlich. Man könnte eben so gut auch den Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahls bey dem Uebergange aus dem leeren Raume in das brechende Mittel nehmen. Alsdenn wird das Verhältniß der brechenden Kräfte ein ganz anderes. A.)

ner Zuhauſekunſt, der Akademie der Wiſſenſchaften davon mittheilete, nahmen ſich die Mitglieder derſelben im J. 1700 vor, den Verſuch nachzumachen; konnten ihn aber nicht zu Stande bringen. Deswegen trug die Geſellſchaft, um die Sache außer allen Zweifel zu ſetzen, Hauksbeen auf, unter der Anweiſung des Dr. Halley, ein Werkzeug zu dieſem Ende zu verfertigen. Es beſtund aus einem ſtarken meſſingenen Prisma, daran zwey Seiten Ruthen hatten, ebene Gläſer einzunehmen; die dritte Seite hatte eine Röhre, und einen Hahn, vermittelſt deſſen die Luft auszuziehen oder zuſammenzudrücken. Das Prisma hatte auch einen Queckſilberweiſer, die Dichte der darinne enthaltenen Luft dadurch zu erkennen, und ließ ſich um ſeine Axe drehen, in der Abſicht, daß die Brechungen auf beyden Seiten gleich gemachet werden können. Der brechende Winkel war 64 Grad. Es war an einem 10 Fuß langen Fernrohre befeſtiget, das im Brennpunkte ein feines Haar hatte. Der Erfolg dieſes genauen Verſuches war folgender.

Genauer Verſuch.

Man erwählete einen ſchicklichen und deutlichen aufrechten Gegenſtand, 2588 Fuß entfernet, den 15 Jun. A. St. 1708, des Morgens, da das Barometer auf 29, $7\frac{1}{2}$ und das Thermometer auf 60 ſtand. Das Prisma ward nun ausgeleert, und an das Teleſkop gebracht, worauf das horizontale Haar im Brennpunkte ein Zeichen an dem aufgerichteten Gegenſtande bedeckete, das man durch den leeren Raum ſehr deutlich ſahe. Beyde Glasplatten waren gegen die Geſichtsſtrahlen gleich viel geneiget. Nun ließ man Luft hinein, ſo ſchien das Zeichen ſich nach und nach, ſo wie die Luft hinein drang, über das Haar zu erheben, und endlich fand man, daß das Haar ein andres Zeichen, $10\frac{1}{4}$ Zoll unter dem vorigen bedeckete. Dieſes wiederholete man mehrmals, immer mit demſelben Erfolge.

Hierauf brachte man die Compreſſionsmaſchine ans Prisma, und pumpte eine zweyte Atmoſphäre hinein, ſo daß nach dem Queckſilberweiſer die Dichte der innern Luft noch einmal ſo groß, als der äußern war, brachte es wieder ans Fernrohr, und ließ die Luft heraus, worauf das Zeichen, welches vorher ſich zu erheben ſchien, ſich jetzt allmählig ſenkete, bis endlich das Haar ein Zeichen, $10\frac{1}{4}$ Zoll höher, als anfangs bedeckete. Auch dieſes traf allemal gleichmäßig ein.

Man pumpte noch eine Atmoſphäre hinein, daß ihrer drey darinnen waren. In dem man die verdichtete Luft herausließ, ſenkete ſich das Zeichen faſt 21 Zoll unter das Haar.

Nun giebt die Länge von $10\frac{1}{4}$ Zoll, für einen Halbmeſſer 2588 Fuß, einen Winkel von 68 Secunden; und da der Einfallswinkel des Geſichtsſtrahls 32 Gr. iſt (weil der Winkel der Glasplatten 64 Gr. war); ſo folget aus den bekannten Geſetzen der Brechung die Proportion: wie ſich verhält der Sinus von 32° zu dem von 31° 59′ 26″ (welcher Winkel um 34″, der Hälfte von 68 Sec. kleiner als 32° iſt), ſo verhält ſich jeder anderer Einfallsſinus zu dem Brechungsſinus, und ſo

verhält

verhält sich 1000000 zu 999736. Dieses ist das Brechungsverhältniß aus Luft in die gewöhnliche Luft *k*).

Es erhellet aus diesen Versuchen, daß die brechende Kraft der Luft ihrer Dichte proportional ist. Und weil die Dichte der Atmosphäre sich ordentlich wie ihre Schwere, und umgekehret wie ihre Wärme verhält, so kann man das Verhältniß der Dichte zu jeder gegebenen Zeit, aus der Vergleichung der Barometer- und Thermometerhöhen, und daraus die Größe der Brechung der Luft bestimmen. Aber Dr. Smith bemerket, daß man, um sich auf die Richtigkeit dieses Schlusses zu verlassen, untersuchen müsse, ob auch Wärme und Kälte allein, bey unveränderter Dichte, der Luft ihre brechende Kraft zu ändern im Stande seyn. Zu dem Ende darf man nur die in dem Prisma eingeschlossene Luft gleich vorher, da man es an das Fernrohr anbringen will, erwärmen, und Acht geben, ob das Haar im Brennpunkte, während der Abkühlung, immer dasselbe Merkzeichen bedecke *m*).

Da die französischen Akademisten von dem Erfolge des erzählten Versuches benachrichtiget wurden, so gaben sie dem jüngern Delisle auf, ihren vorigen Versuch mit mehrerer Sorgfalt zu wiederholen. Er fand sogleich, daß bey demselben gar kein luftleerer Raum gemacht worden wäre, weil das dabey gebrauchte Werkzeug Ritzen hatte. Er brachte also in das von ihm gebrauchte einen Queckſilberweiser, um sich von der Ausleerung der Luft zu versichern; worauf der Erfolg des Versuches eben so wie in England war. Bey der Vergleichung der brechenden Kraft des Dunstkreises, wie sie zu Paris gefunden wird, und des Resultats seines Versuches, fand er doch, daß der strengste luftleere Raum, den er zu schaffen im Stande war, lange nicht an den Grad der Leere in den ätherischen Gegenden über dem Dunstkreise reichte *n*).

Hauksbees Versuche über mancherley Flüßigkeiten.

Hauksbee untersuchete die brechende Kraft vieler flüßigen Körper mit großer Sorgfalt, vermittelst eines Prisma. Wegen der Wichtigkeit seiner Beobachtungen, werde ich die von ihm darüber gemachte Tabelle einrücken, und einige seiner allgemeinen Anmerkungen anführen.

k) Der Strahl innerhalb des Prisma machete mit den Glasflächen einen Winkel von 58 Gr. da er gegen sie gleichviel geneiget war, also mit dem Einfallslothe einen Winkel von 32 Gr. Der Winkel des einfallenden und ausfahrenden Strahls, der hier 68 Sec. gefunden ward, ist doppelt so groß als der Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahls auf dieser oder jener Seite des Prisma, der also 34 Sec. ist. Man wird sich dies leicht durch eine Zeichnung begreiflich machen, wenn man den brechenden Winkel des Prisma unterhalb kehret. A.

l) Hauksbee's experiments, p. 225.

m) Smith's Opticks, remarks. pag. 69. d. d. A. S. 439.

n) Mem. de l'acad. des sc. 1719. H. 88. M. 436.

	Eigene Schwere.	Verhältniß der Brechung wie 100 000 zu
Waſſer	820	74853
Oele.		
Saſſafrasöl	898	64758
Terpentinöl	713,5	67418
Wachsöl	662	68854
Feldkümmelöl	752	66965
Pomeranzenöl	711	67412
Yſopöl	769,5	67576
Rosmarinöl	747	67947
Oel von dem Sevenbaum	789	67309
Origanumöl	752	67702
Poleyöl	783	67309
Münzenöl	780,5	67064
Lavendelöl	749	68073
Fenchelöl	798	66165
Wacholderöl	729	67576
Kümmelöl	766,5	66277
Reinfarrenöl	757	68651
Dillöl	795,5	65827
Agtſteinöl	783	66623
Zimmtöl	828	65177
Nelkenöl	827	66068
Muskatennußöl	759	67214
Spiritus.		
Weingeiſt	703,5	72879
Hirſchhorngeiſt	786	74683
Salmiakgeiſt	794,5	74752
Geiſt von roher Seide	916	71350
Säuren.		
Diſtillirter Weineſſig	824,5	74683
Agtſteingeiſt	825	74752
Vitriolöl	1580	70115
Salpeterſäure	1166	71040
Königswaſſer	987	71950
Scheidewaſſer	1157	71205
Königswaſſer aus Scheidewaſſer und Salmiak	1034	71615
Spießglasbutter	1976	59413
Geiſt von Honig	716	74853

	Eigene Schwere.	Verhältniß der Brechung wie 100 000 zu
Tincturen.		
Spießglastinctur	693	72943
Tinctur von Peruvianrinde	720	72943
Tinctur vom Tolutaniſchen Balſam	717	72193
Tinctur vom Gummi Ammoniacum	719	72573
Tinctur der Metalle	713	72817
Gläſerne Feuchtigkeit eines Ochſenauges	—	74853
Kryſtallene Feuchtigkeit eines Ochſenauges	—	68327
Weißes aus einem Hühnerey	—	74013
Hirſchhorngallert	—	73847
Menſchenſpeichel	—	74853
Menſchenurin	—	74519
Franzbranntewein	—	73386

Anmerkungen darüber.

Die brechende Kraft der kryſtallenen Feuchtigkeit eines Ochſenauges zu meſſen, preſſete er es in den Winkel des Prisma. Merkwürdig iſt es, daß er einen gewöhnlichen Gegenſtand dadurch nicht ſehen konnte, ſondern ein Licht dazu nehmen mußte, deſſen Flamme ſehr breit, wenigſtens fünf bis ſechs Zoll, faſt wie der halbe Mond erſchien; die Urſache wußte er nicht zu erklären.

Unter allen Flüßigkeiten, die er verſuchete, fand er keine, die das Licht ſo wenig wie Waſſer bräche. Wachsöl war die leichteſte unter allen, ſo wie zerfloſſene Spießglasbutter weit ſchwerer als jede andere; beyder eigene Kräfte verhalten ſich faſt wie 1 zu 3, da ihre brechenden Kräfte ohngefähr wie 1 zu 1, 16 ſind o).

Ueberhaupt bemerket Hauksbee, daß Körper nicht nach dem Verhältniſſe ihrer eigenen Schweren das Licht brechen, ſondern daß es dabey noch auf eine ihnen eigene Beſchaffenheit ankomme; ob dieſe in ihrer Brennbarkeit, oder in dem Beſondern ihres innern Baues liege, weis er nicht zu ſagen.

Terpentinöl, das mit meſſingenen Feilſpänen ſtark grün gefärbt war, veränderte ſeine brechende Kraft gar nicht p).

Hooke von der ſcheinbaren Höhe der Berge.

Dr Hooke äußerte zuerſt den Gedanken, daß man bey der Berechnung der Höhe der Berge, auf die Strahlenbrechung der höhern und dünnern Luft in die niedrigere und gröbere, rechnen müſſe. Dieſem Umſtande ſchreibt er die Verſchiedenheit in den Angaben der Höhen einiger hohen Berge zu. Daß der Pik von Teneriffa

o) Hier iſt die brechende Kraft des Wachsöles und der Spießglasbutter nach dem umgekehrten Verhältniſſe der Sinus der Brechungswinkel angeſetzt. R.

p) Hauksbee's experiments, p. 293.

riffa und ſonſt andere ſehr hohe Berge, auf eine ſo große Weite, wie man ſie wirklich ſieht, geſehen werden können, weis er nicht anders zu erklären, als daher, daß der Geſichtsſtrahl auf ſeinem Wege von der Spitze des Berges bis zum Auge ſich krümmt. Darum, ſaget er, müſſen alle Berechnungen, die den Weg des Strahles als eine gerade Linie anſehen, irrig ſeyn *q*).

Und dem Blinkern der Sterne.

Dr Hooke erkläret auch die Urſache des Blinkerns der Sterne recht gut, aus der unregelmäßigen und ungleichen Brechung der Lichtſtrahlen, welche auch dem Rande der Sonne, des Mondes und der Planeten eine zitternde Bewegung gebe. Daß eine ſolche ungleiche Miſchung der Theile der Atmoſphäre Statt habe, beweiſt er aus der Verſchiedenheit der Hitze und Kälte in der Luft. Man könne ſich hiervon überzeugen, wenn man nach entfernten Gegenſtänden über einem Stücke heißes Glaſes hinſehe, welchem man doch wohl auf keine Art Ausdünſtungen zuſchreiben könne. Eben das bemerke man, wenn man ſie durch die aufſteigenden Dünſte vom Waſſer betrachte *r*).

Erſte Beobachtung des länglichten Sonnenbildes durchs Prisma.

In dieſer Periode finde ich die erſte Beobachtung einer beſondern Wirkung der verſchiedenen Brechbarkeit der Lichtſtrahlen, bey dem Durchgange durch ein Prisma, obgleich erſt Newton dieſe Begebenheit erkläret hat. Die Sache ſelbſt hat Grimaldi bemerket, eben der, dem man die wichtige Entdeckung der Beugung des Lichtes zu danken hat. Er beobachtete, daß die Sonnenſtrahlen, welche man durch ein Prisma gehen läßt, kein rundes, ſondern ein ziemlich länglichtes Bild machten.

Dieſe merkwürdige Beobachtung machte er in dem Verfolge einiger Verſuche, wodurch er beweiſet, daß in einigen Fällen bloß durch Brechung, ohne Zurückwerfung, Farben entſtehen. Sein erſter Verſuch, dieſes zu beweiſen, war der vom Vitellio, da man einen Lichtſtrahl in einem dunkeln Zimmer auf ein mit Waſſer gefülltes gläſernes Gefäß ſchief fallen läßt. Der zweyte Verſuch war der eben angeführte mit dem Prisma, da der Lichtſtrahl durch die doppelte Brechung beym Eingange und Ausgange aus einander gebreitet wird, welches er durch Figuren ganz wohl erkläret *s*). Wenn aber die zwey Seiten eines Glaſes parallel ſind, ſo zeiget er, daß die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel und farbenlos ſeyn werden *t*).

Dieſer Schriftſteller brauchet zwar den Ausdruck, daß ein Theil eines Lichtſtrahles mehr gebrochen werde, als der andere. Damit meynet er aber nicht eine verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen, woraus der ganze Strahl beſtünde. Er ſtellete ſich bloß vor, das Licht ſey auf derjenigen Seite dichter, wo es am wenigſten gebrochen wird, oder roth iſt, und auf der andern, wo es am meiſten gebrochen wird, dünner oder ausgedehnter.

Koſtbarkeit der Prismen in den Morgenländern.

Daß Prismen oder gebrochene Stücken Glas das durchgehende Licht färben, iſt vielleicht eine ſo alte Beobachtung, wie nur eine von Licht und Farben. Des-

q) Micographia, p. 236.
r) Ibid. p. 231.
s) de Lumine, p. 235.
t) Ibid. p. 272.
u) Ibid. p. 272.

cartes bedienete ſich derſelben, wie wir oben geſehen haben, zur Erklärung des Regenbogens. Die färbende Kraft der Prismen, wie man ſie nennen möchte, giebt ihnen in den Morgenländern einen großen Werth. Pater Trigautius erzählet in der Beſchreibung ſeiner Miſſion nach China, daß ein einziges Stück mit fünfhundert Goldſtücken bezahlet ſey, und daß der Käufer es noch mit großer Mühe dafür erhalten habe, weil es als eine Koſtbarkeit angeſehen werde, die nur regierenden Herren zukäme. Kircher erzählet eben dieſes in ſeinem China illuſtrata *v*).

Ob man alſo gleich längſt wußte, daß Prismen Farben erzeugen, ſo hatte man doch vor Grimaldi nicht auf die Veränderung der Geſtalt des Strahles Acht gegeben. Dieſer Italiäniſche Naturforſcher, ſo wie auch andere nach ihm, glaubten inzwiſchen nicht anders, als daß die Lichtſtrahlen auf eine oder andere Art durch die Theile des Prisma unregelmäßig zerſtreuet würden. Dieſes war freylich nichts geſagt. Allein weder er, noch ſonſt jemand, ſcheinen ſich viel um die Sache bekümmert zu haben, weil ſie geglaubet haben mögen, ſie habe gar nichts auf ſich. So liegt der Diamant in der Fabel, welchen der Hahn nicht achtet, unbemerkt da, bis ein Juwelier, der ſeinen Werth kennt, den Weg vorbey geht.

Anmerkungen von Brenngläſern.

Ich will dieſen Abſchnitt, über die Ereigniſſe bey der Strahlenbrechung, mit einigen Beobachtungen über die Wirkungen der Brenngläſer, beſonders von den Mitgliedern der Akademie del Cimento, beſchließen. Es thut mir leid, daß ich in dieſer Geſchichte nichts mehr von dieſen Männern werde anführen können. Dieſe ihre Verſuche hatten die Abſicht, auszumachen, welche Materien von Brenngläſern erhitzt zu werden am fähigſten ſind. Sie beweiſen, gegen die damals herrſchende Meynung, daß weiße Körper, als feines Schreibepapier, feine Leinewand, dadurch angezündet werden könnten, ſo wie auch manche andere Materien, deren ſie erwähnen, insbeſondere Schießpulver; allein ſie waren nicht im Stande, Weingeiſt damit anzuzünden *w*).

Dieſe letzte Beobachtung iſt ſehr merkwürdig. Man hat aber ferner keine Acht darauf gegeben, bis daß in den neuern Zeiten Nollet fand, daß ſelbſt mit den ſtärkſten Brennſpiegeln und Brenngläſern keine einzige brennbare Flüßigkeit ſich anzünden ließe.

Dr Hooke erzählete der Königlichen Geſellſchaft, im Jahre 1664. daß er mit einer Linſe von Eis zwar das Bild der Sonne auf ſeiner Hand entworfen, aber keine merkliche Hitze hätte hervorbringen können. Man bat ihn, den Verſuch zu wiederholen, und zugleich eine Linſe von Glas zu verſuchen, ob dieſe bey derſelben Witterung etwa Hitze hervorbringen würde. Wie der Verſuch ausgefallen, oder ob er gar je gemacht ſey, wird nicht gemeldet. Hätte Dr Hooke, oder einer von den Mitgliedern der Geſellſchaft des Descartes Schriften genauer gekannt, ſo würden ſie es nicht für nöthig gehalten haben, Linſen von Eis zu verſuchen. Denn dieſer Schriftſteller ſaget, daß Jakob Metius von Alkmar, eben der, dem er die Erfindung der Teleſkope zuſchreibt, und der ſich mit Verfertigung von Linſen und Brenngläſern ehr beſchäfftigte, bisweilen ſie auch von Eis gemacht, und nicht unbrauchbar gefunden habe.

Vierter

v) Acta Acad. Caeſ. vol. 8. p. 223.

w) Tentam. florent. P. 2. p. 185.

Vierter Abschnitt.

Versuche die Beugung des Lichtes betreffend.

In der Ueberschrift dieses Abschnittes kömmt ein neuer Ausdruck in der Lehre vom Lichte vor, der eine neue, in dieser Periode entdeckte Eigenschaft der Lichtstrahlen bezeichnet; einer Eigenschaft, die zwar mit der Brechung und Zurückwerfung eine gemeinschaftliche, nur unter andern Umständen sich äußernde Ursache, zu haben scheint, aber dennoch, ohne wirkliche Erfahrung, schwerlich hätte mögen errathen werden. Wäre Descartes oder jeder anderer Naturkündiger vor dieser Periode gefragt worden, was einem Strahle begegnen würde, der vor einem Körper so nahe als möglich vorbey, ohne an ihn zu stoßen, gienge, so würden sie ohne das geringste Bedenken geantwortet haben, er müsse gerade fortgehen, ohne sich durch die Nachbarschaft des Körpers hindern zu lassen. Nun aber entdeckete man, daß ein Lichtstrahl, der bis auf eine gewisse Entfernung vor einem Körper vorbeyfährt, entweder von ihm weg, oder nach ihm zu gebrochen würde, also eine Art von unvollkommener Zurückwerfung oder Brechung litte. Diese Eigenschaft hies anfangs die Diffraction, dafür man jetzt durchgehends das Wort Inflection, oder Beugung, braucht; einen Ausdruck, den Newton eingeführet hat, dessen Versuche darüber, ob er sie gleich nicht zu Ende brachte, ganz besonders merkwürdig und wichtig sind.

Grimaldi und Hooke entdecken die Beugung des Lichtes.

Der erste, der die Diffraction oder Inflection des Lichtes entdeckete, war der Pater Grimaldi. Wenigstens hat er zuerst seine Entdeckung in der 1666 gedruckten Schrift, de lumine, coloribus et Iride, bekannt gemacht. Ich finde auch keinen sonst, der Anspruch darauf machte, außer Dr Hooke, der seine Beobachtungen hierüber der Königlichen Gesellschaft im J. 1672 vorlegte, einige Monate, nachdem Newton seine Entdeckung über die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes, derselben mitgetheilt hatte; und zwar um, wie es scheint, sein bey dieser Gelegenheit gethanes Versprechen zu erfüllen, daß er, bey der nächsten Zusammenkunft der Gesellschaft einige Einwürfe gegen Newtons Theorie vorbringen wollte. Doch muß Dr Hooke von Grimaldis Entdeckung nichts gewußt haben, weil er die seinige für eine Entdeckung einer neuen Eigenschaft des Lichtes ausgiebt, die von keinem optischen Schriftsteller bis dahin erwähnet worden [a]). Wirklich unterscheiden sich auch die Hookischen und Grimaldischen Versuche in den äußern Umständen so sehr, daß sein Angeben höchst wahrscheinlich ist.

In Betracht, daß Dr Hooke seine Beobachtungen unabhängig von des Grimaldi seinen, und vielleicht zu gleicher Zeit mit diesem gemacht hat, will ich sie, da sie lange nicht so vollkommen, als die genauern und wichtigern Beobachtungen des Italienischen Naturforschers sind, als eine Einleitung in diese letztere vorangehen

a) Birch's history, vol. 3. p. 10.

laſſen. Denn dieſe verdienen etwas umſtändlich erzählt zu werden; weil kein Schriftſteller, ſo viel ich finde, ihnen Gerechtigkeit wiederfahren läßt.

Hookens erſter Verſuch.

Dr Hooke ließ, in ein völlig verfinſtertes Zimmer, einen Sonnenſtrahl durch ein ſehr kleines Loch in einer meſſingenen Platte fallen, die in dem Fenſterladen befeſtiget war. Dieſer Strahl breitete ſich in Geſtalt eines Kegels aus, deſſen Spitze in dem Loche, und deſſen Grundfläche auf einem in einiger Entfernung geſtellten Papiere, ſich befand. An dieſem von dem Papiere aufgefangenen Bilde der Sonne, war der innere Theil weit heller als der Rand; und rings herum war eine Art von dunkeln Halbſchatten, ohngefähr den 16ten Theil des Durchmeſſers des Kreiſes breit. Dieſer Halbſchatten, ſagte er, rühre von einer bisher noch nicht bekannten Eigenſchaft des Lichtes her, welche er zu erklären verſprach. Nach dieſer Beobachtung ließ er durch ein anderes Loch, ohngefähr zwey Zoll von dem erſtern, einen zweyten Lichtkegel herein fallen, und fieng beyde Kegel in einer ſolchen Entfernung von der Platte auf, daß ihre Grundflächen zum Theil auf einander fielen. Nun bemerkete er nicht allein einen Halbſchatten oder dunkeln Ring um den hellern Kreis, ſondern auch eine offenbare ſchwarze Kreislinie, und zwar ſelbſt da, wo die Ränder der Kreiſe in einander liefen.

Da er den Durchmeſſer der Grundfläche des Kegels mit ihrer Entfernung von dem Loche verglich, fand er ihn gar nicht ſo, wie er hätte ſeyn müſſen, wenn er von Linien, nach den Endpunkten des Sonnendurchmeſſers gezogen, begränzt geweſen wäre. Es veränderte ſich derſelbe, wenn die Größe der Oeffnungen und die Entfernung des Papiers verändert wurden.

Zweyter Verſuch. fig. 32.

Dieſe Erſcheinung reizte ihn, mehrere Verſuche über die Beſchaffenheit des Lichtes, wie es ſich unter dieſen Umſtänden verhielte, zu machen. Er hielt ein rundes Stück Holz, BB, das gar nicht polirt war, in den Lichtkegel, der durch das Loch O in den Fenſterladen hereinfiel, ſo daß er damit einen Theil deſſelben auffieng. Darauf beobachtete er, daß der Schatten dieſes dunkeln Körpers, an der Papierwand AP, worauf das Licht fiel, durchgängig etwas, am meiſten aber nach dem Rande zu, erleuchtet war. Weil einige von den Zuſchauern glaubeten, es könnte dieſes innerhalb des Schattens befindliche Licht, durch eine Art von Zurückwerfung an der Seite dieſes dunkeln Körpers, wegen ſeiner runden Geſtalt, verurſachet werden; und einige es einer Zurückſtrahlung von der innern Fläche des Loches in der meſſingenen Platte zuſchreiben wollten; ſo ließ er, um beyde Einwürfe wegzuräumen, das Licht durch ein Loch fallen, welches in ein Stück Pappe gebrannt war, und fieng es mit einem ſehr ſcharfen Scheermeſſer auf. Die Erſcheinung aber blieb wie zuvor, daß er alſo ſie einer neuen, bisher noch nicht bemerkten Eigenſchaft des Lichtes zuſchrieb.

Den Verſuch zu verändern, hielt er das Scheermeſſer ſo, daß es den Lichtkegel in zwey Theile ſchnitt, und ſtellete das Papier dergeſtalt, daß der erleuchtete Theil der Grundfläche darüber wegfiel, und bloß der durch das Waſſer verdunkelte Theil davon aufgefangen wurde. Zu ſeinem großen Erſtaunen beobachtete er nunmehr

mehr eine ſehr lebhafte und ſichtbare Erleuchtung [b]), deren Breite dem Durchmeſſer des hellen Kreiſes gleich war, ſich nach einer auf die Schattenlinie ſenkrechten Richtung das Papier herunter zog, und wie der Schweif eines Kometen, mehr als die zehnfache, und vermuthlich mehr als die hundertfache Breite des übrigen Kreisſtückes zur Länge hatte. Je weiter noch das abgebogene Licht von dem gerade fortgehenden abwich, deſto ſchwächer war die Erleuchtung, die es verurſachte.

Bey einer noch genauern Unterſuchung dieſer Erſcheinung, fand er, daß, wo ein Theil des auffangenden Körpers vor den andern hervorragete, die Erleuchtung in dem Schatten ihm gegen über ſtärker ward; ſo wie durch eine Vertiefung in dem Körper ein ſchwarzer Strich in dem halb erleuchteten Schatten entſtand. Aus allem dieſen zog er die Folge, daß, gegen die bisherige Meynung der optiſchen Schriftſteller, das Licht die Eigenſchaft habe, ſich von dem geraden Wege ablenken zu laſſen, wenn gleich das Mittel daſſelbe bleibt.

Unſer Naturforſcher ſcheint dieſen Verſuch nicht weiter genutzt zu haben. Denn alles, was man nachher noch von ihm über das Licht vorgetragen findet, ſind einige unreife Gedanken, welche er am 18 Merz 1675. der Geſellſchaft vorlas, die ich aber doch, weil es nur kurze Anmerkungen ſind, hier anführen will.

Sie beſtehen aus acht Artikeln, und enthalten, ſeiner Meynung nach, Bemerkungen einiger, vorher noch nicht beobachteten Eigenſchaften des Lichtes. 1. Es giebt eine Ablenkung (deflexion) des Lichtes, die ſowohl von der Brechung als Zurückwerfung unterſchieden iſt, und von der ungleichen Dichte der Theile, welche den Lichtſtrahl ausmachen, abzuhängen ſcheint, wodurch das Licht von der Stelle aus, wo es verdichtet war, zerſtreuet und verdünnet, und allmählig bis zu einem rechten Winkel abgelenket wird. 2. Dieſe Ablenkung geſchieht ſenkrecht, nach der Oberfläche des dunkeln Körpers zu. 3. Diejenigen Strahlen, welche am meiſten abgelenket werden, geben das ſchwächſte Licht; die, welche am wenigſten von dem geraden Wege abweichen, das ſtärkſte. 4. Strahlen, welche ſich in einer gemeinſchaftlichen Oeffnung kreuzen, enthalten nicht gleiche Verticalwinkel. 5. Farben können ohne Brechung der Strahlen entſtehen. 6. Der Durchmeſſer der Sonne läßt ſich mit gemeinen Abſehen nicht richtig meſſen. 7. Dieſelben Lichtſtrahlen, die auf denſelben Punkt einer Sache fallen, werden bey veränderter Neigung der Sache alle Arten von Farben annehmen. 8. Farben zeigen ſich, wenn zwey Erſchütterungen des Lichtes ſo genau ſich mit einander vermiſchen, daß das Geſicht ſie für eine einzige hält [c]). Hookens Theorie.

Nach dieſer kurzen Erzählung der ſinnreichen, aber unvollkommenen Verſuche von Dr Hooke, gehe ich zu den wichtigern, welche Grimaldi gemacht hat. Dieſer ließ durch ein kleines Loch A B in ein verfinſtertes Zimmer einen Strahl fallen, der ſich in einen Kegel ausbreitete, deſſen Grundfläche C D iſt. Ward ein dunkler Grimaldis Verſuche. fig. 33.

Körper

b) Im Engl. a very briſk and viſible radiation. Nämlich, weil die Empfindung des geringen Lichtes in dem ſchattichten Theile durch keine daneben befindliche ſtarke Erleuchtung geſchwächt ward. K.

c) Hooke's poſthumous works, p. 190.

Körper, FE, in einer beträchtlichen Entfernung von dem Loche, in diesen Lichtkegel gehalten, und der Schatten auf einem weißen Papier aufgefangen, so war er weder innerhalb des Hauptschattens GH, noch des Halbschattens IL begränzt, sondern erstreckte sich von M nach N. Dieses setzte ihn in nicht geringe Verwunderung, als er nicht allein vermuthete, sondern auch durch Berechnung fand, daß der Schatten beträchtlich breiter war, als er hätte seyn können, wenn die Lichtstrahlen an dem Rande des Körpers gerade vorbey gegangen wären.

Das abgebogene Licht wird farbicht.

Allein der merkwürdigste Umstand bey dieser Erscheinung war dieser, daß auf den erleuchteten Theilen der Grundfläche, CM, ND, farbichte Lichtstreifen ganz deutlich zu sehen waren, deren jeder auf der Seite nach dem Schatten zu durch Blau, auf der andern durch Roth begränzt war. Diese Lichtstreifen verschwanden, wenn die Oeffnung zu groß war. Sie waren nicht alle gleich breit, sondern die von dem Schatten entferntern waren schmäler. Mehr als drey bemerkte er niemals.

fig. 34.

Zu mehrerer Deutlichkeit entwarf er eine Vorstellung davon, welche in fig. 34. abgezeichnet ist, wo NMO den breitesten und hellesten Streifen vorstellt, zunächst an den dunkeln Schatten X. In dem mit M bezeichneten Raume zeigete sich keine Farbe, aber der Streifen NN war blau, und der OO, auf der andern Seite war roth. Der zweyte Streifen QPR war schmäler als der erstere, und hatte in dem mittleren Theile keine Farbe, aber der Raum QQ zeigete ein blasses Blau, der RR ein blasses Roth. Der dritte Streifen TSV war den beyden ersten völlig ähnlich, nur schmäler als alle beyde, und noch bläßer gefärbt *d*).

fig. 35.

Die farbichten Streifen liefen mit der Schattengränze des dunklen Körpers parallel: nur wenn sie Winkel hatte, bogen sie sich, anstatt gleiche Winkel zu machen, in eine krumme Linie, so daß die äußern runder als die innern waren, wie es die fig. 35. darstellt. War es ein einwärts gehender Winkel, wie DCH, so kreuzten sich die mit den beyden Schenkeln parallelen Streifen einander, ohne sich auszulöschen. Bloß die Farben wurden dadurch entweder stärker oder gemischt.

Farbichte Streifen innerhalb des Schattens.

Daß das Licht dieser Streifen von dem Körper abwärts gebogen seyn müsse, wird man leicht einsehen. Unser aufmerksamer Beobachter hat uns aber auch eine Nachricht von andern Erscheinungen gegeben, welche durch Licht, das nach dem Körper zu gebogen worden, verursacht seyn müssen. Denn bisweilen sahe er innerhalb des Schattens selbst dergleichen farbichte Streifen, wie die an der Außenseite des Schattens waren; zu einer Zeit mehrere, zur andern weniger. Hierzu ward aber ein sehr starkes Licht erfordert, und der dunkle Körper mußte lang und mäßig breit seyn. Dieses, saget er, finde man leicht durch Versuche. Ein Haar, z. E. oder eine feine Nadel, war dazu nicht so schicklich, als eine dünne schmale Platte. Die Streifen waren deutlicher zu erkennen, wenn der Schatten so weit als möglich vom Körper aufgefangen ward. Dagegen war aber das Licht alsdenn in demselben Verhältnisse schwächer.

Die

d) Grimaldi de lumine, p. 2.

Die Anzahl dieſer Streifen innerhalb des Schattens war deſto größer, je breiter die Platte war. Es waren ihrer wenigſtens zween, bisweilen auch vier, wenn er ſich eines dickern Stabes bedienete. Bey einerley Platte oder Stabe kamen mehr oder weniger Streifen zum Vorſcheine, nachdem die Entfernung, in welcher der Schatten aufgefangen ward, größer oder kleiner war. Je weniger ihrer waren, deſto breiter waren ſie, und deſto ſchmäler, je mehrere erſchienen. In allen Fällen waren ſie weit kenntlicher, wenn das Papier ſchief gehalten ward.

Dieſe farbichte Streifen innerhalb des Schattens waren, ſo wie die an der Außenſeite, in Bogen um und innerhalb der Winkel des Schattens gekrümmet. fig. 36. Zwiſchen einem einwärts- und auswärtsgehenden Winkel, wie zwiſchen D und C, waren noch andere kürzere Lichtſtreifen zu ſehen, die faſt in Form einer Feder gebogen waren. Dieſe Winkelſtreifen erſchienen, wenn auch die Platte oder das Stäbgen nicht ganz, ſondern nur mit der Ecke in den Lichtſtrahl gehalten ward. Ihre Anzahl richtete ſich nach der Breite der Platte oder des Stäbchens. Bey ſehr dünnen Platten oder Stäbchen konnte man die Streifen von den gegen über liegenden Seiten des Schattens ſich umbiegen und ſich vereinigen ſehen. Bey A iſt der Schatten nebſt den Lichtſtreifen nur abgebrochen. Sonſt bemerket er noch, daß die farbichten Streifen außerhalb des Schattens, auf dieſelbe Art, ſich um ihn herumbogen.

Unſer Verfaſſer geſteht, daß er verſchiedene nicht ſo wichtige Beobachtungen vorbeylaſſe, die einem jeden, der den Verſuch mit gebogenem Lichte machen werde, leicht in die Augen fallen würden. Er könne auch dasjenige, was er zu beſchreiben geſuchet habe, nicht vollkommen deutlich machen, und es ſey auch wohl durch Worte nicht möglich.

Um es noch mehr zu beſtärken, daß die Lichtſtrahlen nicht immer gerades Weges fortgehen, ſondern, indem ſie an dem Rande eines Körpers vorbeyfahren, wirklich gebogen werden, veränderte er den zuerſt angeführten Verſuch folgendermaßen: Wie vorher, ließ er, durch eine ſehr kleine Oeffnung, einen Lichtſtrahl in ein verfinſtertes Zimmer fallen, und befeſtigte, in einer großen Entfernung, eine Platte, EF, mit einer kleinen Oeffnung, GH, welche nur einen Theil des Strahls durchließ. Hier fand er, wenn der durchgelaſſene Strahl, in einiger Entfernung, auf einem weißen Papiere aufgefangen ward, daß die Grundfläche IK weit größer war, als ſie es hätte ſeyn müſſen, wenn die Strahlen in gerader Linie durch die Oeffnungen gegangen wären, wie es die andern, an den Ecken dicht vorbey gezogenen Linien, deutlich zeigen. e) Anderer Verſuch. fig. 37.

Damit diejenigen, welche dieſe Verſuche zu wiederhohlen Luſt haben, ihre Erwartungen nicht betrogen finden mögen, giebt unſer Verfaſſer folgende umſtändliche Vorſchriften. Das Sonnenlicht muß ſehr ſtark, und die beyden Oeffnungen, welche das Licht durchlaſſen, müſſen ſehr klein ſeyn, beſonders die erſtere, CD; auch muß das weiße Papier, welches das Licht auffängt, ziemlich weit von der Oeffnung GH geſtellet werden, weil ſonſt die Breite des Strahls IK nur wenig größer als NO Regeln bey dieſen Verſuchen.

ſeyn

e) Grimaldi de lumine, p. 9.

seyn würde, wenn er durchaus nach der geraden Linie fortgienge. Gewöhnlich nahm er die Oeffnung CD $\frac{4}{300}$ oder $\frac{5}{300}$ eines alten römischen Fußes, und die GH $\frac{25}{300}$ oder $\frac{30}{300}$ weit. *f*) Die Entfernungen DG und GN waren wenigstens 12 Fuß groß. Die Beobachtungen geschahen zur Sommerszeit, Mittags, bey einer von Dünsten freyen Luft. *g*)

Grimaldi machete auch den Hookischen Versuch, da zwo Lichtstrahlen durch zwey einander nahe Oeffnungen gelassen wurden, und die Grundflächen der Lichtkegel zum Theil auf einander fielen. Er bemerket noch das insbesondere dabey, daß der schwarze Rand einer jeden auch auf dem hellen Theile der andern kenntlich war. *h*)

Beobachtungen des Dechales.

Diesen vom Grimaldi gemachten Versuchen will ich noch einen vom Dechales beyfügen, welcher an einem Stücke polirten Metalls, worauf kleine Ritzen gekratzet waren, bemerkete, daß es die Sonnenstrahlen, in einem dunkeln Zimmer, buntfleckigt zurück warf; als welches sich auf einem Papiere, damit die Strahlen aufgefangen wurden, zu erkennen gab. *i*) Daß diese Farben durch keine Brechung entstehen, beweist er daher, weil sich dasselbe ereignet, wenn man die Ritzen auf Glas machet. Wäre das Licht an der Oberfläche des Glases gebrochen worden, so würde es durchgegangen seyn. *k*) Aus diesem, und vielen andern Versuchen, zieht er die Folge, daß die Farben nicht bloß von der Brechung, so wie auch nicht von vielen andern Umständen, abhangen, die er einzeln durchgeht, und nach ihren Wirkungen auseinandersetzet, sondern allein auf die innere Stärke (intensity) des Lichts ankomme. *l*)

Die sehr unvollkommenen Einsichten und Schlüsse der Naturforscher dieses Zeitraumes verschaffen uns dennoch eine angenehme und lehrreiche Unterhaltung. Man lernet daraus, daß es gar nicht nöthig sey, richtige Einsichten und eine wahre Hypothese, a priori, zu haben, um Entdeckungen von wirklichem Werthe zu machen. Sehr gebrechliche und unvollkommene Theorien sind vermögend, nützliche Versuche zu veranlassen, wodurch diese Theorien verbessert, und richtigere an die Hand gegeben werden. Diese leiten alsdenn zu ferneren Versuchen, die uns der Wahrheit immer näher bringen; eine freylich langsame Näherungsmethode, bey der wir uns aber noch glücklich schätzen müssen, wenn wir dadurch wirklich weiter kommen. Als Geschichtschreiber freue ich mich insbesondere, daß die Naturkündiger des Zeitraumes, den ich itzt abgehandelt habe, ihre Schriften eher herausgegeben haben, als ihre Theorien verworfen worden sind. In dem entgegen gesetzten Falle möchten sie uns wohl nie bekannt geworden seyn. Itzt aber sind wir besser im Stande, ihre Gedanken zu fassen, und den Zusammenhang ihrer Voraussetzungen und Versuche zu übersehen.

Der

f) Der alte römische Fuß verhält sich, aus verschiedenen Bestimmungen, ins Mittel genommen, zum Pariser, wie 1317 zu 1440. also zum Rheinländischen, wie 1317 zu 1391. A.

g) Grimaldi de lumine, p. 10.
h) Ibid p. 187.
i) Curtis, vol. 3. p. 726.
k) Ibid. p 738.
l) Ibid. p. 739.

Der Hauptgegenſtand des P. Grimaldi in ſeinem ganzen Buche iſt die Entſcheidung der damals höchſt wichtigen Frage, dieſer nämlich: ob das Licht eine Subſtanz oder Qualität ſey. Nach einer ſehr weitläuftigen Unterſuchung, einen enge gedruckten Quartband, von 535 Seiten hindurch, tritt er der Meynung der Ariſtoteliker bey: daß das Licht keine wirkliche Subſtanz, ſondern blos ein Modus oder eine Eigenſchaft der Körper ſey; oder, um ſeine eigene Ausdrücke zu behalten, das Licht iſt nicht eine qualitas ſubſtantialis, ſondern accidentalis. Doch es iſt meine Abſicht nicht, die Fehltritte großer Männer zu rügen, ſondern ihre gemeinnützigen Arbeiten zu erzählen. Wofür Grimaldi das Licht hält.

Ich will hier mit einer Anmerkung über ein vom de la Hire beobachtetes Ereigniß beym Sehen beſchließen, weil der Inhalt dieſes Abſchnittes, nämlich die Beugung des Lichtes, die wahre Erklärung deſſelben an die Hand zu geben ſcheint, wenn gleich de la Hire einer andern Meynung iſt. Man bemerket, ſaget er, wenn man ein Licht oder einen andern leuchtenden Körper mit feſt geſchloſſenen Augen anſieht, daß von demſelben Lichtſtrahlen, nach verſchiedenen Richtungen, auf eine ziemliche Weite, faſt wie der Schweif eines Kometen, ausfahren. Dieſe Erſcheinung ſuchten ſowohl Descartes und Rohault, als de la Hire zu erklären, wiewohl ſie die wahre Urſache nicht ſcheinen getroffen zu haben. Descartes ſchreibt ſie gewiſſen Runzeln auf der Oberfläche der Feuchtigkeiten des Auges zu. Rohault glaubet, daß die Ränder der Augenlieder in dieſem Falle wie Convergläſer wirken; und de la Hire, daß die Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Auges, welche ſich theils an das Auge ſelbſt, theils an den Rand des Augenliedes hängt, einen Hohlſpiegel bildet, dadurch die Strahlen bey ihrem Eingange ins Auge zerſtreuet werden. Die wahre Urſache aber ſcheint wohl dieſe zu ſeyn, daß das Licht in dieſer Lage des Auges, zwiſchen den Augenwimpern durchgeht, indem es daran vorbeyſtreift, eine Beugung leidet, und deswegen nach mancherley Richtungen ins Auge kömmt. Die beyden erſten der angeführten Meynungen werden vom Grimaldi umſtändlich unterſuchet und beſtritten. [m] Urſache der bisweilen von einem Lichte ausfahrenden Strahlen.

Fünfter Abſchnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen das Sehen betreffend.

Die Beſchaffenheit des Sehens iſt in dieſem Zeitraume durch ſo viele und mancherley Bemerkungen und Entdeckungen erläutert worden, daß ich es für ſchicklich halte, meine Nachrichten davon in einige Kapitel abzutheilen. Bey der Menge und Verſchiedenheit dieſer Beobachtungen ereignet ſich noch das Beſondere, daß ſie faſt alle in einem einzigen Lande, nämlich in Frankreich, gemachet ſind, das in dieſem Zeitraume einige ſcharfſinnige Männer hatte, welche die Lehre vom Sehen mit Fleiße bearbeiteten; vorzüglich die Herren de la Hire, Mariotte und Petit.

m) Grimaldi de lumine, p. 392.

Erſtes Kapitel.

Entdeckungen, welche den Bau des Auges angehen.

Petits Beobachtungen.

Vorzüglichen Fleiß wandte auf die Zergliederung des Auges Petit, deſſen Beobachtungen, weil ſie zum Theil für die Theorie des Sehens wichtig ſind, hier den Anfang machen ſollen.

Ueber die Aderhaut.

Eine alte Bemerkung iſt es, daß die Aderhaut im menſchlichen Auge ſchwarz iſt, aber die Veränderungen der Farbe, welche ſie leidet, hatte man vor dem Petit nicht beobachtet. Dieſer fand, daß ſie an Kindern, auf der Seite der Netzhaut, vollkommen braun erſcheint, aber mit den Jahren heller wird. a)

Die Traubenhaut

Den Veſalius ausgenommen, hatten alle Zergliederer nach Galenus geglaubet, daß die Traubenhaut an Menſchen erhaben wäre; allein Petit folgerte aus vielen mit Fleiß angeſtellten Unterſuchungen, daß ſie völlig flach iſt. b)

und die Kryſtalllinſe.

Eben derſelbe hat über die kryſtallene Feuchtigkeit, ſowohl an Menſchen als Thieren, eine Menge ſehr brauchbarer Unterſuchungen geliefert. An Schlangen und Fiſchen fand er ſie faſt kugelrund; aber linſenförmig an allen andern Thieren, die er unter Händen gehabt hatte. Die Vorderfläche war nie ſo erhaben, als die Hinterfläche. c)

Die Linſe iſt um die Mitte dichter.

An allen Thieren wird, wie Petit bemerkete, die kryſtallene Feuchtigkeit mit den Jahren feſter. In neugebohrnen Kindern iſt ſie wie eine kalte Gallerte. Im funfzehnten oder zwanzigſten Jahre iſt ſie von einem gleichförmig dichten Gewebe, nimmt in der Folge zwar an Feſtigkeit beſtändig zu, wird aber doch in der Mitte höher als nach dem Umfange hin. Im Menſchen iſt ſie nicht ſo dichte, als in Vögeln, vierfüßigen Thieren und Fiſchen, die je, ſo wie ſie genannt ſind, eine feſtere kryſtallene Feuchtigkeit haben. In den Fiſchen iſt der innere Theil faſt ſo hart wie Horn; aber dagegen iſt der äußere Theil weicher als ſonſt in jedem andern Thiere, nur eine ſchleimichte Subſtanz.

Urſache davon.

Die Urſache, warum die kryſtallene Feuchtigkeit in der Mitte am dichteſten iſt, hat in den neuern Zeiten Dr. Porterfield ſehr wohl erkläret. Die Lichtſtrahlen, ſaget er, welche zunächſt dem Rande derſelben auffallen, werden wegen der größern Schiefe ſtärker gebrochen, als diejenigen, welche um die Mitte näher bey der Axe auftreffen. Darum wird der Vereinigungspunkt der letztern entfernter ſeyn als der erſtern, ſo, daß ſie unmöglich alle auf einem Punkte der Netzhaut, wie es zum deutlichen Sehen erfodert wird, zuſammen kommen können. Die daraus entſtehende Undeutlichkeit zu vermeiden, iſt die Linſe in der Mitte dichter und feſter angeordnet, damit die nahe bey der Axe auffallenden Strahlen, wegen der ſtärkern Brechung in dieſem Kerne, nach einem nähern Punkte hinter der Linſe hin gebrochen werden, und ſich mit den andern Strahlen, welche um den Rand herum auffallen, vereinigen

a) Mem. de l' acad. de Paris, 1726. p. 109. ed. d' Holl.
b) Mem. de l' acad. de Paris 1728. p. 295.
c) Ibid. 1730. Hiſt. p. 45.

vereinigen mögen. Die Fiſche haben in ihrer kryſtallenen Feuchtigkeit einen weit dichtern Kern, als die Landthiere, weil ſie an ihnen faſt kugelrund iſt, und die Vereinigungspuncte der nahe bey der Axe und am Rande auffallenden Strahlen weit mehr von einander ſonſt abweichen würden, als bey den Landthieren, die eine linſenförmige kryſtallene Feuchtigkeit haben. *d*)

Daß bey zunehmendem Alter die kryſtallene Linſe im Menſchen flächer wird, war ſchon ſonſt bekannt; aber Petit beobachtete, daß ſie alsdenn auch ihre Farbe ändert. Von der Geburt bis ins 25ſte Jahr fand er ſie vollkommen durchſichtig; nach dieſer Zeit bekömmt ſie in der Mitte eine gelbliche Farbe, die immer dunkler wird, und ſich je mehr und mehr nach dem Umfange hin verbreitet. Er bekam die beyden Linſen von einer 81 Jahre alt gewordenen Perſon zu ſehen, die dem ſchönſten Agtſteine glichen. Auch bemerkete er, daß die gelbe Farbe der kryſtallenen Linſe mit ihrer Härte zunimmt. *e*) Veränderung ihrer Farbe.

Leeuwenhoek entdeckte an der kryſtallenen Linſe, nachdem ſie trocken geworden, eine Menge übereinander liegender, dünner concentriſcher Blättgen oder Schuppen, deren er von der Mitte bis zum Umfange auf 2000 in einer einzigen Linſe rechnet. Jede dieſer Schuppen beſteht, wie er gefunden haben will, aus einem einzigen Fäſerchen, oder ſehr feinen Faden, der auf die wunderbarſte Weiſe hinauf und herunter gewunden iſt, ſo, daß er verſchiedene Umläufe, mit eben ſo viel Mittelpunkten, machet, ohne daß ſich dieſe mit einander verwirreten, oder ſich kreuzeten. Ihr Gewebe.

An Ochſen, Schafen, Schweinen, Hunden und Katzen vollendet der Faden drey Umläufe, jeden mit einem Mittelpunkte; an Wallfiſchen fünfe; an Haſen und Kaninchen nur zween. Auf der ganzen Oberfläche der kryſtallenen Linſe eines Ochſenauges zählet er mehr als 12000 Fäſerchen. *f*)

Daß die Linſe aus concentriſchen Blättchen zuſammengeſetzet ſey, wie Leeuwenhoek behauptet hatte, beſtätigte Petit durch eine ſorgfältige Zergliederung, beſonders aber durch die Zertrennung dieſer Blättchen in ſauren Flüßigkeiten. *g*)

Während dieſer Unterſuchungen, vorzüglich bey der Zergliederung der Augen junger Thiere, fand er die Linſe faſt immer weiß und undurchſichtig, ob ſie gleich ſich an dem Thiere in ſeinem Leben ſo nicht gezeiget hatte. Endlich bemerkete er, daß dieſe undurchſichtige Linſen durch die Wärme ſeiner Hand durſichtig wurden, und konnte ſie, ſo oft er wollte, durchs Erwärmen und Abkühlen, wechſelsweiſe durchſichtig oder undurchſichtig machen. *h*)

d) Porterfield, on the eye, vol. 1. p. 439.

e) Hiſt. de l' acad. de Paris. 1730. p. 47.

f) Porterfield, l. c. p. 442. (Das blätterichte Gewebe, oder die zwiebelartige Structur der Linſe iſt ſchon vor Leeuwenhoek entdecket. Zinn p. 131. Die Art, wie die Lamellen aus Fäſerchen gewunden ſind, kann man nicht wohl aus Beſchreibung begreifen. Leeuwenhoek hat ſie in den Arcanis naturae detectis, p. 66. ſeqq. (Lugd. Bat. 1722) durch Zeichnungen ziemlich deutlich gemacht. Wie im menſchlichen Auge die Fibern der Lamellen gewunden ſeyn, iſt nicht bekannt. Zinn p. 133. Leeuwenhoek hat ſeine Beobachtungen nur an Thieraugen gemachet. R.)

g) Hiſt. de l' acad. de Paris. 1730. p. 48.

h) Hiſt. de l' acad. de Paris 1728. p. 16. (Iſt weder daſelbſt, noch ſonſt zu finden. R.)

Kapsel der Linse

Die Kapsel der Linse fand Petit immer durchsichtig, selbst an solchen Personen, die den Staar gehabt hatten. Sie wird auch in keinen Salzauflösungen undurchsichtig wie die Linse. i) Er glaubte entdecket zu haben, daß die Linse mit ihrer Kapsel keine Verbindung hätte, sondern in der darinnen enthaltenen Feuchtigkeit frey schwömme. k) Allein dies hat Albinus durch genauere Untersuchungen widerleget. Dieser entdeckete, daß die Linse allerdings mit ihrer Kapsel durch einige Gefäße verbunden ist, die durch kleine Oeffnungen der Kapsel gehen, und in den Rand der Linse eintreten, von da sie sich über das Hintertheil derselben verbreiten. Dabey bemerket er noch, daß die Central-Pulsader, welche durch die glasartige Feuchtigkeit geht, sich an der Hinterfläche der Kapsel in viele Zweige theilet, nnd einige derselben in die innern Theile der Linse sendet. Durch diese Gefäße wird sie sowohl befestiget als ernähret. l)

Warum neugebohrne Kinder nicht gut sehen.

Daß Kinder einige Zeit lang nach der Geburt nur sehr unvollkommen sehen, ist bekannt. Petit fand, nach einer mühsamen Untersuchung, daß die Ursache in der Dicke ihrer Hornhaut und in dem kleinen Vorrathe der wässerichten Feuchtigkeit liege. Nicht daß die Dicke der Hornhaut allein diese Wirkung haben könnte, sondern weil diese Dicke von der Schlaffheit der Hornhaut entsteht, dadurch ihre Oberfläche runzlicht und uneben wird, und das Licht unordentlich bricht. Daher ist die Hornhaut auch nicht erhaben genug, um die Strahlen zu ihrem rechten Vereinigungspuncte zu bringen. Alle diese Mängel werden aber, wie er zeiget, durch die Vermehrung der wässerichten Feuchtigkeit gehoben. m)

Diese Unvollkommenheit des Gesichts an Kindern erkläret Petit aus dem Drucke, den ihre Augen in dem Liquor leiden, der sie im Mutterleibe umgiebt. Er stellete hierüber an mancherley neugebohrnen Thieren, als Hunden, Katzen, Kaninchen, Kälbern und Schweinen Versuche an, bey denen er insgesammt die Hornhaut dick und schlaff, und wenig von der wässerichten Feuchtigkeit fand.

Von der membrana pupillari.

Außer der Wenigkeit, und der von einigen auch angeführten Undurchsichtigkeit der wässerichten Feuchtigkeit, könnte bey neugebohrnen Kindern das Sehen auch durch die Ueberbleibsel der membrana pupillaris, einer Production der Traubenhaut, welche den Stern der Frucht im Mutterleibe verschließt, verhindert werden. Diese Haut ward zuerst von Dr. F.. s S.. s, nach Dr. Hunters Angabe n) entdecket; aber auch von den Herren Wachendorf, von Haller und Albinus. Hr von Haller saget, die Zeit, da diese Membrane verschwindet, sey ungewiß, aber in einer zur Reife gekommenen Leibesfrucht sey sie gewiß nicht anzutreffen. o) Eine Nachricht von der Entdeckung dieser Haut durch Albinus findet man im Muschenbroeks Introductio vol. 2. p. 779. p)

Zu

i) Herr von Haller hat die Kapsel doch bey einem Staare an Menschen und Thieren mehrmals undurchsichtig gefunden. Physiol. T. V. p. 404. K.

k) Hist. de l' acad. de Paris. 1730. p. 50.

l) Musschenbroek introd. vol. 2. p. 754.

m) Hist. de l' acad. de Paris. 1727. p. 14.

n) Hunter's medical commentaries, part. 1. p. 63.

o) Opuscula, p. 342. (Keine Spur davon, Physiol. T. V. p. 373. K.)

p) Die Sache geht zwar eigentlich die Anato-

Huygens künstliches Auge.

Zu der Erzählung dieser Bemühungen, den Bau des Auges und die Beschaffenheit des Sehens zu erklären, füge ich noch hinzu, daß Huygens die Verfertigung eines künstlichen Auges, wo nicht zuerst unternommen, doch angegeben hat, um dadurch die vornehmsten Ereignisse beym Sehen, und besonders die Ursachen der Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit, anschauend zu erläutern. Eine Zeichnung und Beschreibung findet man in seiner Dioptrik. S. 112. q)

Zweytes Kapitel.

Geschichte des Streits über den eigentlichen Sitz des Sehens.

Keine Frage in der Lehre vom Sehen ward in diesem Zeitraume, und, wie man sagen kann, in jedem andern, so sehr untersuchet, als die von dem eigentlichen Sitze oder Werkzeuge des Sehens. In ältern Zeiten sah man, wie oben erzählet ist, die krystallene Linse dafür an. Allein sie hatte, wenn sie gleich in der Mitte des Auges, dem besten Orte zur Beobachtung nach Porta, gelegen ist, einem allgemeinen Ausspruche zufolge, ihre Anfoderungen der Netzhaut abtreten müssen, deren Rechte viele Jahre hindurch von allen Naturforschern für ganz unstreitig gehalten wurden. Am wenigsten ließ man sich aber einfallen, daß die hinter ihr liegende Aderhaut jemals als der Sitz des Sehens in Vorschlag kommen sollte, welches auch wohl nie geschehen seyn würde, wenn nicht ein besonderer Versuch vom Mariotte, der diese Meynung zuerst aufbrachte, die Veranlassung gegeben hätte. Sein Grund war, daß er fand, ein Theil der Netzhaut, nämlich die Stelle, wo der Sehenerve eintritt, sey gegen den Eindruck des Lichtes unempfindlich. Denn wenn das Bild eines Gegenstandes auf diese Stelle in das eine Auge fällt, so kann man ihn, wenn das andere zugeschlossen wird, nicht sehen.

Mariotte suchet den Sitz des Sehens auf der Aderhaut.

Mariotte hatte bey Zergliederung von Menschen und Thieren oft bemerket, daß der Sehenerven nicht der Pupille gerade gegenüber eintritt, das ist, da wo das Bild einer Sache, die man gerade vor sich sieht, hinfällt, sondern bey den Menschen an einer etwas höhern Stelle, seitwärts nach der Nase zu. Also nahm er sich vor, den Grund dieser Einrichtung zu erforschen, und das Bild einer Sache auf diese

Versuch zum Beweise.

Stelle

Anatomiker an. Weil aber doch der Streit über dieß kleine Häutchen ziemlich lebhaft geführet zu seyn scheint, so will ich hier des Herrn von Haller Nachricht von der Entdeckung des Häutchen aus seiner Physiol. T. V. p. 373. hersetzen. Er sagt, Wachendorf habe sie 1740 zuerst beschrieben; er selbst habe sie nicht sogleich, da er sie gefunden, erkannt, aber darauf sie näher untersuchet, und eine Zeichnung davon bekannt gemachet. Albinus behaupte zwar, daß er sie schon viel früher entdecket, und 1737. sie in Kupfer stechen lassen; doch hätte er sie seinen Schülern nicht gezeiget, in deren häufigen Schriften vom Auge nichts davon erwähnet werde. Er könne also, so wenig wie Wachendorf, davor, daß ihnen die frühern Ansprüche des Herrn Albinus unbekannt gewesen seyn. A.

q) Eine Anweisung, ein künstliches Auge zu drechseln, welches den Bau des natürlichen sehr deutlich darstellet, findet man in Herrn Häselers Betrachtungen über das menschliche Auge, am Ende. A.

Stelle fallen zu laſſen, um zu ſehen, was ſich dann ereignen würde. Zu dem Ende befeſtigte er an einer dunkeln Wand, ungefähr in der Höhe ſeines Auges, ein rundes Papierchen, um ihm zu einem feſten Geſichtspunkte zu dienen. Rechter Hand deſſelben befeſtigte er ein ander ſolches Papierchen, etwa zween Fuß von jenem, aber ein wenig nidriger, damit das Licht von dieſem zweyten Stücke den Sehenerven ſeines rechten Auges treffen möchte, indem das linke geſchloſſen wäre. Darauf ſtellete er ſich dem erſten Papierchen gerade gegen über, gieng nach und nach, indem er es immer unverwandt mit dem rechten Auge anſah, zurück; worauf ihm, als er etwa 10 Fuß zurück gegangen war, das zweyte Papier völlig verſchwand. a)

Der ſchiefen Stellung des Papiers gegen ſein Auge, ſaget er, konnte dieſes nicht zugeſchrieben werden, weil er noch andere, mehr ſeitwärts liegende Sachen, ſehen konnte. Es war, als wenn das zweyte Papier plötzlich weggenommen wurde. Er wiederhohlte den Verſuch mit veränderter Entfernung der Papiere und ſeines Auges; nahm ihn auch mit dem linken Auge auf eine ähnliche Art vor. Er zweifelte alſo nicht, die Urſache des Verſchwindens liege im Geſichtsnerven, an der Stelle, wo die Aderhaut fehlet. Der Verſuch trifft auch bey andern Perſonen zu, nur nicht genau in derſelben Entfernung.

Picards Art, den Verſuch zu machen.

Picard veränderte dieſen Verſuch ſo, daß er eine Art angab, wie man eine Sache verſchwinden machen kann, wenn man gleich beyde Augen offen hat. An einer Wand befeſtigte er ein rundes weißes Papier, ein oder zween Zolle groß, und daneben an jeder Seiten, etwa zween Fuß davon, und ein wenig höher, ein Zeichen; ſtellete ſich darauf gerade vor das Papier, 9 oder 10 Fuß davon, und hielt das Ende des Fingers beyden Augen gegen über, ſo, daß es dem rechten Auge das Zeichen linker Hand, und dem linken Auge das Zeichen rechter Hand verdeckete. In dieſer Stellung blieb er unbeweglich, ſah mit beyden Augen auf das Ende des Fingers, und nun verſchwand ihm das gar nicht verdeckete Papier gänzlich. Dieſes, ſaget er, iſt deſto wunderbarer, weil, außer dieſer beſondern Zuſammentreffung der Geſichtsnerven, dabey man nichts ſieht, das Papier doppelt erſcheint, wie es ſich ereignet, wenn man den Finger nicht recht hält. b)

Leichtere Art.

Mariotte bemerket, daß dieſes Verfahren zwar ſinnreich, aber ſchwer ſey, weil die Augen, welche auf einen nur 4 Zolle entfernten Gegenſtand gerichtet ſind, zu ſehr angeſtrenget werden. Deswegen ſchlägt er folgendes leichteres und nicht weniger auffallendes vor. Man befeſtige an einer ſchwarzen Wand zwey runde Stücke weißes Papier, gleich hoch, drey Fuß von einander; ſtelle ſich gegen ihnen über, 12 bis 13 Fuß davon; halte den Daumen, etwa 8 Zolle weit, zwiſchen beyde Augen, ſo daß er dem rechten Auge das Papier linker Hand, und dem linken Auge das Papier rechter Hand verdecke. Sieht man nun ſteif auf ſeinen Daumen, ſo werden beyde Papiere verſchwinden, weil beyde Augen eine ſolche Lage haben, daß jedes das

Bild

a) Smith's Opticks, Remarks, p. 6. (d. d. Ausg. S. 367.) Oeuvres de Mariotte, p. 496. (Der Verſuch iſt 1668. vor dem Könige von England, gemacht. Birch. T. 2. p. 281. Halleri Phyſ T. 5. p. 470. K.)

b) Oeuvres de Mariotte, p. 506.

Bild des einen Papiers auf dem Eintritte des Sehenervens empfängt, und ihm das andere durch den Daumen verdecket wird. c)

Le Cat verfolgte diesen lehrreichen Versuch noch etwas weiter als Mariotte. Anstatt des zweyten Papiers nahm er ein großes weißes Brett, und fand, daß in einer gewissen Entfernung ein kreisrunder Raum darauf sich verlohr. Er beobachtete auch die Lage und Größe des unter diesen Umständen verschwindenden Papiers, und die Entfernungen, worinnen er verschwand, und setzete dadurch verschiedenes, die Einrichtung des Auges in diesem Stücke betreffend, in mehreres Licht. So fand er, daß der Eintritt des Nervens in seinem Auge der Augenaxe um $\frac{1}{7}$ näher war, als in Mariottens seinem. Er berechnet auch daher die Größe der unempfindlichen Stelle im Auge, und findet sie nicht größer als einen kleinen Nadelknopf, nämlich $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ einer Linie. d) Le Cats Versuche.

Einen sehr genauen Versuch zur Bestimmung der Größe und Lage des unempfindlichen Fleckes im Auge, machete Hr Daniel Bernoulli. e) Er legete eine silberne Münze auf den Boden eines Zimmers, nahm ein Pendel, davon er das eine Ende an das rechte Auge hielt, und das andere fast den Boden berühren ließ. Bey verschlossenem linken Auge sah er mit dem rechten längst dem Pendel herunter, und beobachtete, indem er sich von dem Geldstücke linker Hand hin entfernete, mehrere Stellen auf dem Boden, wo ihm das Stück unsichtbar, und andere, wo es wieder sichtbar ward. Dies gab eine fast elliptische Figur, von der Beschaffenheit, daß, wenn die Seheaxe innerhalb derselben fiel, die Münze aus dem Gesichte sich verlohr. Aus den Abmessungen derselben, und den andern hiebey vorkommenden Größen, folgerte Hr B., daß der unempfindliche Fleck im Auge ein Kreis sey, dessen Durchmesser der siebente Theil des Durchmessers des Augapfels ist, und dessen Mittelpunkt, von dem der Oeffnung des Auges entgegen gesetzten Punkte, um $\frac{7}{25}$ dieses Durchmessers entfernt, und ein wenig über der Mitte des Auges erhoben liegt. f) Bernoullis Versuch und Berechnung.

Weil diese Stelle mit dem Eintritte des Sehenervens zusammentrifft, so, folgert er, durfte dieser nicht mitten auf dem Boden des Auges, der Pupille gerade gegenüber, eintreten, weil uns sonst alle Gegenstände durchlöchert würden erschienen seyn. Itzt verlieren wir nur die zur Seite, unter einem gewissen Winkel gelegenen, Gegenstände aus dem Gesichte, aber nur mit einem Auge, nie mit beyden zugleich. Ferner, saget er, mußte der Nerve senkrecht eintreten, damit er durch seinen Eintritt so wenig Raum, als möglich unnütz machete. Giengen die Sehenerven von ihrem Ursprunge gerade nach dem Auge zu, so wäre eines dieser beyden erfoderlichen Stücke nothwendig verabsäumet, die itzt, da sich die Nerven vor dem Eintritte kreuzen, beyde erhalten werden. g) Warum der Nerve schief eintritt.

Die

c) Ibid. p. 516.

d) Traité des sens. p. 171.

e) Comment. Petrop. vet. T. 1. p. 314. (Herr Priestley hat in den Zusätzen zu seinem Werke das Verfahren etwas unvollkommen und unrichtig erzählet, daß ich mich deswegen bloß an den Bernoullischen Aufsatz gehalten habe. K.)

f) Kennen wir aber den Weg der Sehestrahlen im Auge hinlänglich, um hierüber scharfe Berechnungen anstellen zu können? K.

g) Darum mußte auch wohl der Nerve auf

Leichteste Art des Versuches.

Die itzt gewöhnliche Art, diesen Versuch zu machen, welche sowohl für das Auge am bequemsten, als wegen der daraus zu ziehenden Folgerung am einleuchtendsten ist, ist folgende: Man befestige an der Wand eines Zimmers drey Stücken Papier, A, B, C, etwa zween Fuß von einander, stelle sich gerade vor das mittlere, und gehe allmählig zurück, das eine Auge geschlossen, und das andere seitwärts nach dem Papiere A oder C gerichtet, so dem geschlossenen Auge gegen über ist. Alsdenn wird man eine Stelle treffen, (die mehrentheils fünfmal so weit von der Wand entfernt ist, als die Papiere von einander sind) wo das mittlere Papier ganz verschwindet, und die beyden äußern völlig sichtbar bleiben. Alsdenn werden nämlich die von B herkommenden Strahlen auf die Stelle D der Netzhaut fallen, wo der Gesichtsnerve eintritt.

fig. 38.

Mariottens Gründe für die Aderhaut.

Daß Mariotte durch seinen Versuch veranlasset wurde, zu denken, die Netzhaut sey nicht der Ort, wo die Strahlenkegel sich endigen, also nicht der eigentliche Sitz des Sehens, wird Niemanden, selbst dem eifrigsten Verfechter der Netzhaut, befremden. Noch andere Umstände bestärketen ihn in seiner Meynung, als daß er die Netzhaut durchsichtig zu seyn fand, wie die krystallene und andere Feuchtigkeiten des Auges; da doch nichts der Sitz des Sehens seyn könnte, was die Strahlen nicht auffienge; ferner, daß die Aderhaut weit empfindlicher als die Netzhaut seyn müsse, da die Regenbogenhaut, eine Fortsetzung der Aderhaut, ihre Oeffnung nach dem Maaße des Lichts unwillkührlicher Weise verändere; [h]) auch daß die schwarze Farbe der Aderhaut ihr eine größere Empfindlichkeit gegen das Licht zu geben bestimmt seyn möge.

Pecquets Einwürfe.

Pecquet wandte dagegen ein, die Netzhaut sey nur sehr unvollkommen durchsichtig, bloß etwa wie in Oel getränktes Papier, oder Horn, wie man es in Laternen brauchet; ihre weiße Farbe beweise, daß sie hinlänglich undurchsichtig sey, um die Lichtstrahlen so viel aufzuhalten, als zum Sehen nöthig ist; welches sehr undeutlich ausfallen müßte, wenn die Strahlen durch eine solche Haut, wie die Netzhaut, gehen müßten. Den Grund, von der schwarzen Farbe der Aderhaut hergenommen, entkräftete er dadurch, daß er bemerkete, sie wäre weder an Menschen, noch an Vögeln und einigen andern Thieren, deren Netzhaut mehrentheils schwarz ist, durchgängig gleich schwarz; und in den Augen der Löwen, Kameele, Bären, Ochsen, Hirsche, Schafe, Hunde, Katzen und anderer Thiere, zeige derjenige Theil der Aderhaut, welcher dem Lichte am meisten ausgesetzet sey, die lebhaftesten Farben, wie Perlmutter oder der Regenbogen. [i]) Die Unempfindlichkeit der Stelle, wo der Gesichtsnerve

auf der Seite nach der Nase zu eintreten, nicht auf der andern Seite; ein Grund, den man zu denen, vom Herrn von Haller angeführten, Physiol. T. 5. p. 472, noch hinzufügen kann. A.

h) Smith's Opticks, Remarks. p. 7. d. d. A. p. 370.)

i) Musschenbroek saget, daß an vielen vierfüßigen Thieren, als an den genannten, wie auch an vielen Vögeln, die Aderhaut nicht schwarz, sondern blau, grün, gelb oder sonst gefärbt sey. Introd. vol. 2. p. 748. (An der Löwinn ist sie isabellfärbig; am Schafe grün; am Ochsen grün, pomeranzengelb und silberfarbig; an andern glänzend

sichtsnerve eintritt, giebt er zu, glaubet aber, daß die Blutgefäße der Netzhaut, deren Aeste an dieser Stelle so stark sind, den Mangel des Sehens verursachen. k)

Mariotte antwortete hierauf, was die Undurchsichtigkeit der Netzhaut betreffe, so sey ein großer Unterschied zwischen den Zuständen derselben in einem lebendigen und todten Körper zu machen. Die Durchsichtigkeit der Netzhaut, und das Vermögen der Aderhaut, Licht zurück zu senden, noch mehr zu beweisen, berief er sich auf einen Versuch, da man Jemanden ein Licht nahe vor das Gesicht hält, und in einer Entfernung, von acht oder zehen Schritten, einen Hund nach ihm sehen läßt, worauf jener in des Hundes Auge ein helles Licht sehen wird. Dieses schrieb er der Zurückwerfung von der Aderhaut des Hundes zu, die sehr weiß und glänzend ist. Denn am Menschen, oder andern Thieren, deren Aderhaut schwarz ist, erfolget dies nicht. l) Pecquets Gedanken von den Blutgefäßen der Netzhaut widerleget er dadurch, daß sie lange nicht groß genug sind, um auf jedem Theile der Grundfläche des Nervens das Sehen zu unterbrechen. m) Mariottens Antwort.

Sonst bemerkete noch Pecquet, daß, ungeachtet der Unempfindlichkeit der Netzhaut auf dem Eingange des Nervens bey mäßigem Lichte, dennoch stark leuchtende Gegenstände, wie eine helle Kerze, nicht so völlig verschwinden, als es ein weißes Papier, unter gleichen Umständen, thun würde. Er scheint sich aber hierinnen geirret zu haben. Denn in meinem Auge, das sonst gar nicht ein starkes Licht vertragen kann, machet eine helle Lichtflamme auf der Grundfläche des Nervens keinen Eindruck. Ein Versuch vom Pecquet widerleget.

Zur Bestärkung der gemeinen Meynung dieneten die anatomischen Beschreibungen, welche einige Mitglieder der französischen Akademie von verschiedenen Thieren, besonders vom Seekalbe und dem Stachelschweine, herausgaben; als in welchen beyden der Sehenerven in der Axe des Auges eintritt, daß man es also für ausgemachet hielt, daß in diesen Thieren die Netzhaut auf dem Eintritte des Nervens vollkommen empfindlich seyn müsse. n) Allein diese Beobachtung verdienet aufs neue wieder vorgenommen zu werden. o) Grund für die Netzhaut.

De la Hire, der auf alles, was die Lehre vom Sehen angieng, aufmerksam war, nahm Pecquets Parthey, und setzete den Sitz des Sehens auf die Netzhaut, nach dem Beyspiele der andern Sinne, bey welchen die Nerven der Sitz der Empfin- De la Hire für die Netzhaut.

zend schwarz, blau, goldgelb, grün; an der Katze gelb silberfarbig und glänzt des Nachts; an dem weißen Kaninchen blaß rosenroth. Halleri physiol. T. 5. p. 365. Die Farben entstehen von den Zäserchen eines zottichten Häutchens, das man an großen Thieren mit bloßen Augen sehen kann, und das die Aderhaut gleichsam austapeziert, weswegen es bey den französischen Akademisten der Tapis genannt ist. Am Menschen ist es auch, aber die Zäserchen sind kleiner und nach abgewaschenem dunkelbraunem Kleister weiß. Zinn descr. oc. hum. p. 44. K.

k) Oeuvres de Mariotte, p. 504.

l) Ibid. p. 509.

m) Ibid. p. 514.

n) Porterfield on the eye, vol. 2. p. 252.

o) Herr von Haller zweifelt auch an der Richtigkeit der Wahrnehmung, ob er gleich sonst sich für die Netzhaut erkläret. Phys. T. 5. p. 472. K.

dung ſind. p) Doch glaubete er, daß die Aderhaut den Eindruck der Bilder empfange, um denſelben der Netzhaut wieder mitzutheilen. q)

Auch Perrault nahm Pecquets Parthey gegen Mariotten. In ſeinen Werken trifft man verſchiedene Briefe an, die er hierüber mit ſeinem Gegner gewechſelt hat.

Verſuch vom Mery, und Anmerkungen darüber.

Der Streit über das unmittelbare Werkzeug des Sehens ward bey Gelegenheit eines ſonderbaren Verſuches vom Mery, den man in dem Jahrgange der franzöſiſchen Akademie von 1704 beſchrieben findet, wieder rege gemachet. Dieſer tauchete eine Katze unter Waſſer, und ließ ſie gerade in die Sonne ſehen, worauf er bemerkete, daß der Stern in ihrem Auge ſich gar nicht zuſammenzog. Alſo, folgerte er, verengert ſich der Stern nicht wegen der Einwirkung des Lichtes, ſondern wegen einer andern Urſache. Denn er behauptete, daß ihr Auge in dieſer Lage mehr Licht, als in freyer Luft, empfienge. Dabey glaubete er, die Netzhaut an der Katze durchſichtig gefunden, und die undurchſichtige Aderhaut jenſeits derſelben geſehen zu haben. Dies nahm er für einen Beweis an, daß die Aderhaut die Lichtſtrahlen zu empfangen diene, und das Hauptwerkzeug des Sehens ſey. De la Hire antwortete hierauf in dem Jahrgange von 1709, p. 119, und ſuchete zu zeigen, daß das Auge unter Waſſer weniger Strahlen bekomme, und daß es, unter den erzählten Umſtänden, nicht ſo ſehr, wie ſonſt, von ihnen gerühret werde. Außerdem ſieht man leicht, daß die Katze in dieſer Lage voll Schrecken ſey, und daß ſie, als ein Thier, welches die Muskeln ſeiner Regenbogenhaut ſehr in ſeiner Gewalt hat, und itzt auf alles um ſie herum höchſt aufmerkſam war, ihre Augen offen halten mußte, ſo ſchmerzhaft als es ihr auch fallen mochte. Man hat mir erzählet, daß eine Katze, die in ein Fenſter geſtellet iſt, in welches die Sonne ſcheint, dabey ſie alſo den Stern ihrer Augen faſt ganz zuſchließt, ſobald ein Geräuſch, wie von einer Maus, außen am Fenſter ſich hören läßt, den Augenblick ihre Augen, ohne ſie von der Sonne abzukehren, ſo weit als ſie nur kann, eröffnet.

Le Cat wider die Netzhaut.

Le Cat trat in dieſem Streite Mariottens Meynung bey, weil ſie ſeinen Grundſatz beſtärkete, daß die pia mater, oder dünne Hirnhaut, davon die Aderhaut eine Fortſetzung iſt, und nicht die Nerven ſelbſt, das eigentliche Werkzeug des Sehens ſey. r) Einen andern Grund für ſeinen Satz nahm er von der Veränderung der Farbe der Aderhaut in alten Leuten her, welche nicht ſo deutlich, wie junge Leute, ſehen. s) Er verglich die Netzhaut mit dem Oberhäutgen, welches die pyramidenförmigen Wärzgen, die unmittelbaren Werkzeuge des Gefühls, bedecket; oder mit der poröſen Membrane, welche die drüſichten Wärzgen der Zunge überzieht. Die Netzhaut, behauptet er, empfängt den Eindruck des Lichtes, mäßiget ihn, und bereitet ihn zu für das Werkzeug, welches er eigentlich rühren ſoll, hat aber ſelbſt keine Empfindung davon. t)

Man

p) Smith's Opticks, Remarks. p. 7. (d. d. A. S. 370.)
q) Hiſt. de l' acad. de Paris. 1711. p. 102.
r) Traité des ſens. p. 176.
s) Ibid. p. 178.
t) Ibid. p. 180.

Man muß wiſſen, daß le Cat entdecket hatte, daß die dünne Hirnhaut, nachdem ſie den Sehenerven bey ſeinem Eintritte ins Auge dicht umſchlungen und zuſammengepreſſet hat, ſich in zwo Lamellen theilet, deren eine ſich an die Hornhaut *) inwendig genau anleget, und zuletzt mit ihr eins wird, und die andere die Aderhaut ausmachet. *) Er zeigete auch, daß die harte Haut des Auges eine Ausbreitung der harten Hirnhaut iſt, und überſandte an die Pariſer Akademie im Jahre 1739 zergliederte Augen, um dieſe und einige andere ſeiner Sätze zu beweiſen, welche den Meynungen des berühmten Winslow entgegen waren. *)

Michells Gründe für die Aderhaut.

Zu dieſen für die Aderhaut von den erſten, die die Sache unterſuchet haben, vorgetragenen Gründen, werde ich, mit Erlaubniß des Leſers, noch einige neue, von meinem Freunde, Hrn Michell, mir mitgetheilte beyfügen. Damit das Sehen deutlich werde, müſſen die Strahlenkegel, welche von jedem Punkte des Gegenſtandes herkommen, entweder völlig, oder faſt genau, wieder in übereinſtimmenden Punkten im Auge ſich endigen. Dieſes kann nur auf einer gleichförmig ausgedehnten Oberfläche geſchehen, wofür man die Netzhaut gar nicht gelten laſſen kann, weil ſie eine beträchtliche Dicke hat, durchgehends aus einem gleichförmigen Nervengewebe beſteht, und, wo nicht vollkommen, doch im hohen Grade durchſichtig iſt. Wo man auch in ihr die Vereinigungspunkte der Strahlenkegel hinſetzet, ſo werden die Strahlen ſich auf ihr dießeits oder jenſeits ausbreiten. Das Sehen wird undeutlich ſeyn.

Iſt der Sitz des Sehens auf der innern Seite der Netzhaut, und werden die Bilder der Gegenſtände von den Strahlen, ſogleich wie ſie auffallen, hervorgebracht: ſo müßte wohl eine große Undeutlichkeit durch das zurück geworfene Licht von der Aderhaut in denjenigen Thieren entſtehen, in denen dieſe Haut weiß oder farbicht iſt. Auf der andern Seite kann aber durch zurück geworfenes Licht von der Aderhaut das Sehen auch nicht bewirket werden, weil an manchen Thieren dieſe Haut völlig ſchwarz iſt, und gar kein Licht zurück ſendet. Und dieſe Thiere ſehen noch ſchärfer als andere. Das Sehen, es gehe damit zu, wie es wolle, wird aber

u) Hier ſoviel als die ſclerotica, welche beſonders bey den franzöſiſchen Zergliederern die cornea, cornea opaca heißt. Zinn, p. 4. K.

v) Tr. des ſens p. 153. (Hr von Haller (Phyſiol. T. 5. p. 357.) ſtimmet ein, daß die innere Decke des Sehenervens zu einer beſondern dünnern Lamelle der harten Haut werde, welche ſich inwendig an ſie anſchließe, bey jungen Perſonen ſchwächer, bey erwachſenen ſtärker; leugnet aber, daß es eine zweyte innere Lamelle der dünnen Hirnhaut gebe, welche die Aderhaut bilde; und hält es für gewiß, daß le Cat ſelbſt ſie nicht möge geſehen haben.

Zinn ſagt (anat. oculi hum. p. 38.) Die Aderhaut hange mit der pia matre, wo ſie ins Auge tritt, vermittelſt eines cellulöſen Gewebes zuſammen. Denn bey dem durchgeſchnittenen Nerven zeige ſich ein weißer Halbkreis, der beyde von einander ſichtbarlich abſondere. Durch die Maceration laſſe ſich die Aderhaut ohne alle Verletzung ablöſen, woraus die cellulöſe Verbindungsart erhelle, und bewieſen werde, daß die Aderhaut eine eigene für ſich abgeſonderte Haut und kein Zweig der dünnen Hirnhaut ſey. K.)

w) Hiſt. de l' acad. 1739. p. 25.

doch bey allen Thieren, auf dieselbe Art veranstaltet zu seyn, angenommen werden müssen.

Wäre der Sitz des Sehens auf der äußern Seite der Netzhaut zu suchen, so würde eine weiße Aderhaut nichts helfen, wenn die Sehestrahlen gerade auffallende seyn sollen; und eine schwarze wäre untauglich, wenn es zurückgeworfene seyn sollen.

Noch ein Grund für die Aderhaut ist, daß sie unter allen Membranen in dem ganzen thierischen System, die weiße Haut unter den Schuppen der Fische vielleicht (vielleicht auch nicht) ausgenommen, den Eindruck der Lichtstrahlen am reinsten empfängt; die Netzhaut hingegen empfindet die Wirkung des Lichtes entweder gar nicht, oder nur schwach. Denn das Licht leidet beym Uebergange aus einem Mittel in ein zunächst daran liegendes, keine Brechung oder Zurückwerfung, und verliert nichts durch eine Verschluckung der Strahlen, wenn nicht die beyden Mittel eine verschiedentlich brechende Kraft haben. Und dies ist vermuthlich hier, zwischen der Netzhaut und der glasartigen Feuchtigkeit, der Fall nicht. *) Aeußert aber ein Mittel auf das durchgehende Licht keine Wirkung, so erhält es wahrscheinlich auch keinen Eindruck von dem Lichte, weil beyder ihre Wirkungen ohne Zweifel gegenseitig sind.

Darzu kömmt, daß die Netzhaut so liegt, daß sie noch manchen andern Strahlen, außer denen, die sich auf ihr vereinigen sollen, ausgesetzet ist. Wozu diese, wenn das Sehen auf der Netzhaut geschieht? Das ist aber nicht der Fall mit der Aderhaut, die niemals durchsichtig ist, und keine zurückwerfende Haut hinter sich hat.

Ist die Aderhaut das Werkzeug des Sehens, so können wir gar schön den Grund von der Verschiedenheit ihrer Farbe bey verschiedenen Thieren, nachdem sie ihr Gesicht zu brauchen haben, angeben. In allen Landthieren, welche bey Nacht ihr Gesicht nöthig haben, ist die Aderhaut entweder helle weiß, oder sonst lebhaft gefärbet, so, daß das Licht dadurch stark zurück geworfen wird. Deswegen brauchen sie zum Sehen weniger Licht: können aber unmöglich sehr deutlich sehen, weil die Zurückwerfung der Strahlen ihre Wirkung doppelt machet. Denn sie muß einen gewissen Raum einnehmen, da die Zurückstrahlung in einer gewissen Entfernung von dem zurückwerfenden Körper geschieht. Dazu kömmt, daß die Aderhaut an Thieren überhaupt nicht vollkommen weiß, sondern bläulicht ist, und also geschickter zum Sehen bey dem blaßfärbigen Lichte des Nachts seyn mag.

An den Vögeln hingegen, besonders an Adlern, Falken, und andern Raubvögeln, ist die Aderhaut mehrentheils schwarz, daß sie also, aber nur bey hellem Tagelichte, mit der größten Deutlichkeit zu sehen, im Stande sind. Die Eule hingegen, welche ihren Raub bey Nachte suchen muß, hat, wenn ich nicht irre, eine weiße Aderhaut, wie eine Katze. Endlich hat der Mensch, der seine Augen unter

mancher-

*) Diese Schlüsse werden durch eine unten zu erzählende Beobachtung des Herrn Melville erläutert und bestärket werden, als woraus erhellen wird, daß weder Hitze noch sonst eine merkliche Wirkung in dem Brennpunkte des stärksten Brennspiegels in Luft, Wasser, oder sonst einem völlig durchsichtigen Mittel zu spüren ist.

mancherley Umſtänden brauchet, weder eine ſo ſchwarze Aderhaut, wie die Vögel, noch eine ſo weiße, wie die Thiere, welche im Dunkeln müſſen ſehen können.

In Anſehung der de la Hiriſchen Meynung bemerket Hr Michell, daß der Eindruck des Lichtes wohl ſchwerlich empfindbar genug ſeyn möchte, wenn die Nerven, das Hauptwerkzeug des Sehens, ihn nicht unmittelbar, ſondern aus der zweyten Hand, bekommen. Viel natürlicher ſey es ja, die Aderhaut, wenn ſie den Haupteindruck erhalten hat, denſelben durch ihre eigene Nerven, deren dazu genug vorhanden ſind, nach dem Gehirne fortpflanzen zu laſſen.

Zur Beſtätigung einer der angeführten Bemerkungen des Hrn Michell, von dem Gebrauche der Aderhaut zum Sehen, dienet der vom Fabricius ab Aquapendente erzählte Fall einer Perſon, die bey Nachte recht gut, bey Tage aber gar nicht ſehen konnte. *y*) So ſoll es ſich auch mit den kreidefarbigen Menſchen unter den Schwarzen in Afrika und unter den Einwohnern der Landungen von Darien verhalten, die deswegen **Mondaugen** genannnt werden. Von einer Zergliederung der Augen eines dieſer Menſchen habe ich keine Nachricht angetroffen. Vermuthlich iſt ihre Aderhaut nicht ſchwarz, wie an andern Menſchen, ſondern weiß oder lichtfarbicht, wie an den Thieren, welche ihre Augen am meiſten im Dunkeln brauchen. *z*)

Ich kann nicht leugnen, daß dieſe Gründe des Hrn Michell ſehr ſtarken Eindruck auf mich gemachet haben, ſo ſehr ich auch ſonſt für die Netzhaut eingenommen war. Doch ſind mir auch nachher neue Gründe für die Netzhaut, theils beym Nachleſen aufgeſtoßen, theils vom Hrn **Hey**, einem geſchickten Wundarzte und Zergliederer zu Leeds, angezeiget worden. *a*) Gründe für die Netzhaut.

Dr. **Porterfield** bemerket, daß das Sehen auf dem Orte des Eintritts des Nervens vielleicht deswegen keine Statt habe, weil er daſelbſt nicht ſo weich und zart iſt, wie er es wird, wenn er ſich über die Aderhaut ausbreitet; und daß er in denen Thieren, darinn er in der Mittellinie des Auges eintritt, daſelbſt eben ſo zart, und alſo vermuthlich eben ſo empfindlich, wie an andern Stellen gefunden werde *b*). Ich habe mir ſagen laſſen, daß die Nerven überhaupt, wenn ſie in ihren ſie umgebenden Häuten eingepreſſet ſind, ſehr wenig Empfindlichkeit beſitzen, in Vergleichung mit derjenigen, welche ſie bekommen, wenn ſie davon entkleidet, und in eine weiche breyähnliche Subſtanz ausgebreitet werden. Porterfields

Hr **von Haller** bemerket, daß die Aderhaut nicht das allgemeine Werkzeug des Sehens ſeyn könne, weil ſie an Menſchen und Vögeln, beſonders aber an Fiſchen, inwendig mit einem ſchwarzen Schleime (mucus) bedecket iſt, dadurch die Strahlen und von Haller.

y) De Viſione, p. 46.

z) Nach der Vorſtellung, welche in den philoſophiſchen Unterſuchungen über die Amerikaner von dieſen beſondern weißen Menſchen gemacht wird, entſteht die Augenſchwäche derſelben wohl von der allgemeinen Schlaffheit und Verdorbenheit ihrer Nerven. Ihre Iris iſt manchmal von einem matten und beſonders ſchwachen Blau; zu andrer Zeit, und in andern Perſonen von eben dieſer Art, iſt ſie lebhaft gelb, röthlich und gleichſam vom Blute gefärbet. 2. B. S. 5, der deutſchen Ueb. A.

a) Herr Prieſtley hat dieſe Gründe ſeinem Werke angehängt. A.

b) On the eye, vol. 2. p. 254.

Strahlen nicht bringen können c). Dieser Schriftsteller redet auch von einer membrana fibrosa auf der Netzhaut, die er von ihrer membrana pulposa unterscheidet, und muthmaßet, daß die Bilder der äußern Sachen auf der erstern abgebildet werden.

Bestärkung des de la Hiriſchen Beweiſes.

Der Grund, den de la Hire für die Netzhaut von der Analogie der andern Sinne hernimmt, erscheint viel stärker, wenn man bedenket, daß die Netzhaut ein breites Nervengewebe ist, das dem Eindrucke des Lichtes unmittelbar ausgesetzet ist; dagegen die Aderhaut nur wenig Nerven, mit der harten Haut, der gemeinschaftlichen (coniunctiva) und den Augenliedern bekömmt, die dem Lichte weit weniger als die unbedeckten Fibern des Sehenervens bloß liegen. Aus anatomischen Gründen sollte man würklich denken, daß jeder andere Theil des Körpers gegen den Eindruck des Lichtes so empfindlich seyn könnte, wie die Aderhaut.

Beweis für die Netzhaut aus Augenkrankheiten.

Daß der Gesichtsnerve zum Sehen besonders diene, ist ferner aus verschiedenen Ereignissen bey einigen Augenkrankheiten wahrscheinlich. Wenn nur ein Auge den schwarzen Staar bekömmt, so findet man den Nerven dieses Auges offenbar anders beschaffen, als er es in seinem gesunden Zustande ist. Ich habe selbst, da Herr Hey das Gehirn eines jungen Mädchen zergliederte, das mit einem Auge blind gewesen war, gesehen, daß der Nerve dieses Auges viel dünner als der Nerve des andern war; und er sagete mir, daß er ihm beym Durchschneiden weit härter und aschgrau gefunden hätte. Morgagni führet zwar an, daß er einmal die Sehenerven dünner als gewöhnlich und aschfarbigt gefunden, und auf sein Befragen die Nachricht erhalten habe, die Person sey nicht blind gewesen, obgleich das eine Auge einen Fehler möchte gehabt haben; daß er ein andermal nur einen Nerven so beschaffen angetroffen, dabey aber das Auge selbst übrigens ganz vollkommen gewesen. Auch hierbey erhielt er die ausdrückliche Nachricht, die Person wäre mit diesem Auge nicht blind gewesen; allein man sieht wohl, daß er die von ihm zergliederten Personen nicht gekannt hat. Die Beyspiele sind auch nicht selten, daß Leute mit einem Auge lange Zeit blind gewesen sind, ohne es selbst zu wissen.

Dazu kömmt, daß weil der Sehenerve bloß zur Bildung der Netzhaut dienet, das Auge sonst, in so ferne es nicht das Sehen selbst betrifft, von dem schwarzen Staar nichts leidet. Die Nerven, welche nach der Aderhaut gehen, behalten vielmehr in dieser Krankheit ihre gewöhnliche Wirksamkeit. Die Regenbogenhaut zieht sich bey einem frischen schwarzen Staare eines Auges zusammen, wenn das andere noch

c) Physiologia, vol. 5. p. 474. (Der ganze Versuch vom Mariotte, saget Herr von Haller, beweiset nichts. Denn an der unempfindlichen Stelle ist eigentlich keine Netzhaut vorhanden, sondern eine weiße, cellulöse und poröse Haut, die zum Sehen untauglich seyn kann, ohne daß die Netzhaut es auch ist — Wenn die Strahlen auch durch den schwarzen Schleim auf der Aderhaut bringen sollten, fähret er fort, so würden sie auf die dunkelbraune, zottichte und lederartige Oberfläche der Ruyschischen Lamelle der Aderhaut treffen, und darunter eine unzählige Menge kleiner Gefäße, aber keine oder wenig Nerven finden, so daß nirgends ein vollständiges zusammenhangendes Bild entworfen werden kann. K.)

noch gesunde Auge plötzlich einem starken Lichte ausgesetzet wird. Die harte Haut, die gemeinschaftliche und die Augenlieder, die ihre Nerven mit der Aderhaut aus einer gemeinschaftlichen Quelle bekommen, behalten in dieser Krankheit ihre Empfindlichkeit.

Selbst die Art der Genesung vom schwarzen Staar begünstiget die Meynung, daß die Netzhaut der Sitz des Sehens sey. Denn diejenigen Theile, welche von dem Eintritte des Nervens am weitsten entfernt sind, bekommen ihre Empfindlichkeit am ersten wieder. Sie sind am breyähnlichsten und weichsten. Auf der Aderhaut hätte man keinen Grund, einen Theil für zarter zu halten als den andern. Dem Herrn Hey haben Patienten an einer unvollkommenen Amaurosis öfters erzählet, daß sie eine Sache, die sie mit einem Auge betrachteten, nicht so deutlich erkennen könnten, wenn sie gerade vor dem Auge, als wenn sie etwas zur Seite läge. Er hat auch gefunden, daß Leute, die von einer vollkommenen Amaurosis befreyet geworden sind, zuerst die Sachen wieder erkannten, deren Bilder von dem Eintritte des Nervens am weitsten entfernet lagen.

Ich schließe mit folgender Anmerkung. Ist die Netzhaut so durchsichtig, wie sie gewöhnlich vorgestellet wird, so daß die Strahlenkegel sich nothwendig auf der Aderhaut, oder auf einer andern undurchsichtigen Substanz zwischen ihr und der Netzhaut, endigen müssen: so werden beyde, wenn sie anders gleich empfindlich gegen das Licht sind, gleich stark gerühret werden, da die von den Lichtstrahlen verursachte Wirkung und Gegenwirkung an beyder gemeinschaftlichen Oberfläche geschieht. Weil aber die Netzhaut natürlicher weise gegen diese Art von Eindrücken empfindlicher ist, so mag sie wohl das eigentliche Werkzeug seyn, dadurch die Empfindung bis zum Gehirne fortgepflanzet wird; obgleich die Aderhaut, oder das schwarze Wesen, damit sie bisweilen überzogen ist, zum Sehen auch nothwendig seyn mag. In der That kann man eine Zurückstrahlung des Lichtes, die an der gemeinschaftlichen Fläche zweyer Mittel geschieht, weder dem einen noch dem andern vorzüglich zuschreiben. Die stärksten Zurückstrahlungen in die dichtesten Mittel einwärts geschehen, wenn sie an ein sehr dünnes Mittel oder gar an den leeren Raum gränzen. Das angeführte kömmt so ziemlich auf die vom de la Hire geäußerten Gedanken hinaus, und erkläret den Mangel des Sehens auf dem Orte des Eintritts des Sehenervens vollkommen. Beylegung des Streits.

Zusatz des Uebersetzers.

So lang auch dieses Kapitel geworden ist, so kann ich doch einen aus Zinns Anatomie des Auges hergenommenen Grund für die Netzhaut nicht vorbeylassen. Dieser genaue Zergliederer bemerket, p. 37, daß Mariottens Hypothese hauptsächlich darauf beruhe, daß die Aderhaut eine Fortpflanzung der dünnern Haut des Sehenervens seyn soll. Ist die Aderhaut dies nicht, so falle jene Hypothese

von selbst weg. Nun beweiset er aber p. 39. durch das (Anm. v.) angeführte Verfahren, daß die Aderhaut nicht von der dünnen Haut herkomme; also etc.

Wenn man seine Beschreibung der zottichten Oberfläche der Aderhaut liest, so wird man sehr ungeneigt, den Sitz des Sehens darauf anzunehmen.

Den Grund, den Herr Michell für die Aderhaut von der verschiedenen Färbung derselben hernimmt, möchte ich eher umkehren. Ist die Aderhaut der Sitz des Sehens, so müßte sie wohl an den Thieren, die des Nachts ihre Augen brauchen, schwarz seyn, weil weiße Körper von dem Lichte weniger gerühret werden, als schwarze. Ist der Sitz der Empfindung aber auf der Netzhaut, so wird sie stärker vom Lichte gerühret, wenn die Aderhaut weiß ist, und alle Strahlen zurückwirft. Das Sehen mag hierbey wohl undeutlich seyn. Solche Thiere brauchen aber vielleicht nur Schimmer, ihren Raub zu finden.

Die verschiedenen Farben der Aderhaut an Thieren hängen wohl mit den verschiedenen Bestimmungen ihres Gesichtsvermögens zusammen. Der Mensch hat, so zu reden, ein allgemeines Gesichtsvermögen, weil er es auf vielerley Art brauchet; die Thiere haben ein besonders bestimmtes, zu gewissen Endzwecken sehr angemessenes, in andern Absichten vielleicht sehr stumpfes und unbrauchbares.

Drittes Kapitel.

Vermischte Bemerkungen über das Sehen.

Ort des Bildes einer Sache.

Bisher war es allgemein angenommen worden, daß das Bild einer Sache, die man durch gebrochene oder zurückgeworfene Strahlen sieht, sich in dem Durchschnitte des Sehestrahls mit dem Perpendikel von der Sache auf die brechende oder zurückwerfende Fläche befände [a]). Bey ebenen Spiegeln hat dies keine Schwierigkeit, von denen man, weil einige Versuche mit Spiegeln anderer Art es zu beweisen schienen, einen Schluß auf alle andere Fälle des Sehens machete. Wenn ein gerader Stab senkrecht auf einen erhabenen oder hohlen Spiegel gehalten wird, so scheint sein Bild eine gerade Linie mit ihm auszumachen. So verhält es sich auch mit einer senkrecht ins Wasser gehaltenen Linie. Der Theil innerhalb des Wassers scheint die Verlängerung des außerhalb befindlichen Theils zu seyn, wenigstens wenn man keine besondere Aufmerksamkeit darauf richtet, und sich in gewissen Lagen befindet. Allein Dr. Barrow erregte gegen diese Bestimmungsart des Bildes Zweifel, und eröffnete dadurch ein Feld zu neuen Untersuchungen. Seine Gedanken findet man in seinen 1674 zuerst herausgekommenen optischen Vorlesungen.

Barrow wider die gewöhnliche Meynung.

In Ansehung des durch die Zurückstrahlung gesehenen Bildes einer Linie, die auf einen erhabenen oder hohlen Spiegel senkrecht gestellet wird, erinnert er, daß es dem

a) Man wolle nachsehen, was ich zu dem 4. Abschn. der 2. Periode von Keplers und Brenggers Gedanken hierüber angeführet habe. K.

dem Auge nicht leicht fällt, die krumme Linie, welche es wirklich macht, zu erkennen; und bemerket, daß, wenn man einen zum Theil ins Waſſer gehaltenen ſenkrechten Faden, genau betrachtet, die gewöhnliche Meynung ſich nicht beſtätiget. Iſt der Faden z. E. Silberdrat, und man ſieht ihn ſchief an, ſo wird ſich das Bild des eingetauchten Theils von dem andern, außerhalb des Waſſers, merklich abſondern. Alſo, ſaget er, iſt es nicht richtig, daß jeder Punkt da erſcheint, wo der gebrochene Strahl den ſenkrecht auffallenden ſchneidet; und dieſe Bemerkung, glaubet er, laſſe ſich auch auf zurückprellendes Licht ausdehnen.

Barrows Grundſatz.

Nachdem er, ſeiner Meynung nach, die gemeine Hypotheſe widerleget hatte, ſo giebt er eine andere Regel zur Beſtimmung der ſcheinbaren Stelle des Bildes. Wir ſetzen, ſaget er, jeden ſichtbaren Punkt dahin, woher die Lichtſtrahlen, durch welchen wir ihn empfinden, entweder wirklich kommen, oder zu kommen ſcheinen. Dieſem Grundſatze zu folge, machte ſich dieſer vortreffliche Geometer an die Unterſuchung der Frage, wo die Strahlen nach der Brechung oder Zurückwerfung ſich ſchneiden; und fand, daß, wenn die brechende Fläche eben iſt, und die Strahlen aus dem dichtern Mittel ins dünnere gehen, ihr Vereinigungspunkt außerhalb der ſenkrechten Linie von dem Gegenſtande auf die brechende Ebene, und zwar auf der Seite nach dem Auge hin, ſich befindet. Bey einem erhabenen Spiegel ereignet ſich daſſelbe; bey einem ebenen fällt der Vereinigungspunkt in das Perpendikel, und bey einem Hohlſpiegel jenſeits deſſelben. Er beſtimmte auch hiernach, was das Bild einer geraden Linie, nach den verſchiedenen Lagen dieſer Linie gegen einen Spiegel, für eine krumme Linie werden wird, desgleichen wenn man ſie durch ein brechendes Mittel betrachtet. Allein ſo merkwürdig und ſchön dieſe Unterſuchungen auch ſind, ſo würde uns doch die Erzählung derſelben zu weit in die Geometrie hineinführen. Das ſehen wir aus ſeinen Unterſuchungen, daß er der Entdeckung der **Brennlinien** ſehr nahe gekommen iſt, als welche nichts als der Ort aller Bilder eines und deſſelben Punktes ſind, ſo wie ſie dem Auge in allen möglichen Lagen durch die Brechung oder Zurückwerfung erſcheinen. Vielleicht iſt **Tſchirnhauſen** durch Barrows Gedanken zu ſeinen Entdeckungen über dieſe Gattung von Linien geleitet worden *b*).

Einwurf dagegen.

So gegründet auch Barrow ſeinen Satz von der ſcheinbaren Lage des Bildes hielt, ſo war er doch ſo aufrichtig, einen Einwurf dagegen nicht zu verhehlen, den er nicht heben zu können geſteht. Er iſt dieſer. Der Gegenſtand liege über den Brennpunct eines Converglaſes hinaus, ſo wird er, wenn man das Auge hart ans Glas hält, undeutlich, aber faſt an ſeinem wahren Orte erſcheinen. Rücket man das Auge vom Glaſe ab, ſo wird die Undeutlichkeit größer werden, und der Gegenſtand näher zu kommen ſcheinen. Iſt das Auge ſehr nahe bey dem Brennpunkte, ſo wird die Undeutlichkeit gewaltig groß, und die Sache ſcheint dichte vor dem Auge zu liegen. Aber bey dieſem Verſuche empfängt das Auge nur convergi-

b) Und Barrow hat ſeine Vorſtellung vermuthlich von Keplern, Paralip. p. 70. genommen; ſo bleibt die Erfindung mit Wurzel und Stamm den deutſchen Boden eigen. K.

rende Strahlen, deren Vereinigungspunkt nicht näher als die Sache, ſondern hinter dem Auge liegt. Dem ungeachtet ſtellet man ſich die Sache näher vor, als ſie iſt, wenn man gleich von ihrer Entfernung keinen recht deutlichen Begriff ſich machen kann. Ich denke, daß, weil die Strahlen in dieſem Falle ganz anders als ſonſt auf das Auge fallen, gar kein Urtheil über den Ort, woher ſie kommen, gefället werden könne. Dieſe Unterſuchung iſt in der Folge vom Berkley, Smith, Montucla, und andern wieder vorgenommen worden. Weil aber die Erzählung ihrer Gedanken mich zu weit über die Gränzen der gegenwärtigen Periode führen würde, ſo will ich die Materie abbrechen, bis ich ſie, ohne die hiſtoriſche Ordnung ſo ſehr zu verletzen, wieder vornehmen kann c).

De la Hire machete einige ſehr gute Bemerkungen über die ſcheinbare Entfernung der Gegenſtände, und einige andere Ereigniſſe beym Sehen, ſo wie er ſich auch viel Mühe gab, die Art auszuforſchen, wie unſer Auge ſich nach den verſchiedenen Entfernungen der Gegenſtände einrichtet. Weil er aber in dieſem letztern Stücke die Wahrheit verfehlete, ſo werde ich ſeine Gedanken darüber bis in die letzte Periode dieſer Geſchichte verſparen, da die Sache beſſer unterſuchet iſt.

Worauf ſich unſer Urtheil von der Entfernung gründe.

Er rechnet fünf Stücke, worauf wir unſer Urtheil von der Entfernung der Gegenſtände gründen. Dieſe ſind, die ſcheinbare Größe, die Helligkeit der Farbe, die Richtung beyder Augenaxen, die Parallaxe oder den Veränderungswinkel der Gegenſtände, und die Deutlichkeit ihrer kleinen Theile. Maler, ſaget er, haben nur die beyden erſten Stücke in ihrer Gewalt, und deswegen kann ein Gemälde niemals das Auge vollkommen betrügen. Aber bey den Theaterverzierungen können ſie gewiſſermaßen alle jene Stücke ſich zu Nutze machen. Die Größe der Gegenſtände und die Lebhaftigkeit der Farbengebung wird nach dem Maaße vermindert, wie ſie dem Auge entfernter vorkommen ſollen. Die Theile einer und derſelben Sache, welche in verſchiedenen Entfernungen erſcheinen ſollen, wie die Säulen einer architectoniſchen Ordnung, werden auf verſchiedenen Flächen gemalet, die man ein wenig von einander ſtellet, damit die beyden Augen ihre Richtungen zu ändern genöthiget ſeyn mögen, wenn man von der Betrachtung der einen Fläche zu der Betrachtung der andern geht. Die kleine Entfernung der Flächen dienet eine kleine Parallaxe hervorzubringen, wenn die Augen ihre Lage ändern; und weil wir keinen genauen Begriff von der Veränderung des Geſichtswinkels bey verſchiedenen Entfernungen der Gegenſtände behalten, ſo iſt es für das Auge genug, daß man eine Parallaxe empfindet, um die Flächen von einander entfernt zu glauben, ohne genau zu beſtimmen, wie weit ſie von einander ſind. Was endlich das letzte Stück, nämlich die Deutlichkeit der kleinen Theile an einem Gegenſtande betrifft, ſo kann es den Betrug nicht entdecken helfen, wegen des falſchen Lichtes, das auf dieſe Verzierungen fällt. d)

Warum eine Sache durch Nebel größer ſcheint.

Dieſen Anmerkungen über die Geſichtsbetrüge will ich noch eine dahin gehörige vom le Cat beyfügen, der zur Urſache, daß Gegenſtände durch einen Nebel größer erſcheinen,

c) Montucla, vol. 2. p. 599.

d) Accidens de la vue, p. 358.

erſcheinen, ihr trübes und mattes Anſehen unter dieſen Umſtänden angiebt, als womit man den Begriff einer großen Entfernung verknüpfet. Dieſes zu beſtärken, erinnert er, daß man ſich bey Annäherung zu dieſen Gegenſtänden wundert, daß ſie ſowohl viel näher, als auch viel kleiner ſind, als man es ſich eingebildet hatte. e)

Unter andern Ereigniſſen beym Sehen erwähnet de la Hire eines, das ſchwer zu erklären iſt. Wenn man nämlich an einem dunkeln Orte ein Licht, das jenſeits der Gränzen des deutlichen Sehens ſteht, durch einen ſehr ſchmalen Einſchnitt in einem Kartenblatte betrachtet, ſo wird man mehrere Lichter, ſogar auf ſechs bisweilen, längſt dem Einſchnitte ſehen. Dieſe Erſcheinung ſchreibt er den kleinen Ungleichheiten auf der Oberfläche der Feuchtigkeiten des Auges zu, deren Wirkung nicht geſpüret wird, wenn die ganze Fläche des Sterns die Strahlen auffängt, und alſo ein Hauptbild alle kleinen Nebenbilder verdunkelt; da hingegen in dem vorliegenden Falle jedes dieſer Nebenbilder beſonders entworfen wird, und keines ſo ſtark iſt, daß man nicht dafür die andern auch empfinden ſollte. f) Beſonderer Fall.

An wenigen Leuten, ſaget de la Hire, ſind beyde Augen völlig einander gleich, und das nicht blos in Betracht des deutlichen Sehens, ſondern auch in Abſicht auf die Farbe der Gegenſtände, beſonders wenn eines von beyden Augen einem ſtarken Lichte ausgeſetzet geweſen iſt. Sie mit einander zu vergleichen, ſaget er, nehme man zwo feine Kartenblätter, ſteche in jedes ein rundes Loch, ein Drittheil oder Viertheil einer Linie groß, halte jedes an ein Auge, und ſehe durch die Löcher auf ein gleichförmig erleuchtetes Papier. Man halte nun die Karten ſo, daß die Kreiſe, welche auf dem Papiere erſcheinen werden, ſich einander berühren, ſo wird man die Beſchaffenheit ſeiner beyden Augen auf das genaueſte mit einander vergleichen können. Um den Verſuch mit deſto beſſerm Erfolge zu machen, räth er, die Augen eine Zeitlang vorher geſchloſſen zu halten. g) Ungleichheit der beyden Augen.

De la Hire verſuchete auch die Urſache der dunkeln Flecken anzugeben, welche, beſonders bey alten Leuten, vor den Augen herum zu ſchweben ſcheinen. Am meiſten laſſen ſie ſich ſehen, wenn man die Augen auf eine gleichförmig weiße Sache, als Schnee im freyen Felde, richtet. Wenn ſie unbeweglich ſind, ſo werden ſie, ſeiner Meynung nach, durch ausgetretenes Blut auf der Netzhaut verurſachet; oder durch eine undurchſichtige in der wäſſerichten Feuchtigkeit herumſchwimmende Sache, wenn ſie beweglich ſind. Denn die glasartige Feuchtigkeit des Auges hält er dazu nicht für flüßig genug. h) Urſache der Flecken vorm Auge.

Die erſtaunende Feinheit des Sehenervens beweiſet de la Hire durch folgende Rechnung: Man kann in einer Entfernung von 4000 Klaftern noch ganz wohl das Segel eines Windmühlenflügels, ſechs Fuß in der Länge, erkennen. Nimmt man das Auge einen Zoll im Durchmeſſer groß an, ſo wird das Bild dieſes Segels auf dem Boden des Auges $\frac{1}{8000}$ eines Zolles, oder etwa $\frac{1}{666}$ einer Linie groß i), das Feinheit des Sehenervens.

e) Traité des ſens, p. 260.
f) Accidens de la vue, p. 400.
g) Ibid. p. 358.
h) Smith's Opticks, remarks. p. 4. (d. d. A. S. 366.
i) Die Spitze der ähnlichen Dreyecke, deren

iſt etwa der 66ſte Theil einer Haarbreite, oder der achte Theil eines einfachen ſeidenen Fadens ſeyn. So fein muß alſo jede Fiber des Sehenervens ſeyn; eine faſt unbegreifliche Sache, da jede Fiber ein Röhrchen mit Lebensgeiſtern angefüllet iſt. Können Vögel eben ſo weit als Menſchen ſehen, welches er für ſehr wahrſcheinlich hält, ſo müſſen die Fibern ihrer Sehenerven noch weit feiner als die unſrigen ſeyn. *k*)

Sachen erſcheinen durch ein kleines Loch nicht verändert.

Gaſſendi glaubete noch, daß die Weite der Oeffnung des Sterns auf die ſcheinbare Größe der Sachen einen Einfluß hätte; allein in dieſem Zeitraume verſtand man die Sache beſſer. Dr. Hooke bemerkte, daß wenn man durch ein hundertmal ſo kleines Loch, als die Oeffnung des Sterns iſt, eine Sache betrachtet, ſie nicht anders ausſehen wird, als wenn man ſie frey anſieht. Nur bey ſtark erleuchteten Gegenſtänden helfe das Loch dem Auge dadurch, daß es die Strahlen, die ſonſt eine unrichtige Vorſtellung würden erreget haben, vermindere und ſchwäche. *l*)

Fall, da man eine Sache verkehrt ſieht, ohne Spiegel.

Dieſen Abſchnitt kann ich nicht ſchließen, ohne eine artige Beobachtung des ſinnreichen Hrn Grey, der in der ältern Geſchichte der Elektricität mit ſo vielem Ruhme erſcheint, anzuführen. Er nahm ein Stück ſteifes braunes Papier, ſtach ein kleines Loch hinein, und hielt es nicht weit vom Auge. Darauf hielt er auch eine Nadel nahe vor das Auge, und ſah, zu ſeiner Verwunderung, die Spitze derſelben umgekehrt. Je näher er die Nadel an das Loch brachte, deſto größer ſchien ſie, war aber nicht ſo deutlich. Hielt er ſie ſo, daß ihr Bild nahe an den Rand des Loches fiel, ſo ſchien die Spitze umgebogen. Hieraus ſchloß er, daß ſolche kleine Löcher, oder ſonſt etwas in ihnen, wie Hohlſpiegel anzuſehen wären, und nannte ſie daher Luftſpiegel. *m*)

Sechſter Abſchnitt.

Erfindungen und Verbeſſerungen optiſcher Werkzeuge.

Niemals bemüheten ſich die Naturkündiger ſo angelegentlich um die Verbeſſerung der optiſchen Werkzeuge, als in dem Anfange dieſer Periode. Wundervolle Entdeckungen hatten die erſten unvollkommenen Verſuche dieſer Art zu Folgen gehabt; alſo machete ſie ſich, ohne einen Begriff von der natürlichen Einſchränkung der Verſtärkung unſers Geſichtsvermögens zu haben, mit den übertriebenſten Erwartungen

deren Grundflächen das Segel und das Bild ſind, muß hierbey in die Mitte des Auges geſetzet werden. K.

k) Accidens de la vue, p. 375.

l) Birch's hiſtory, p. 503.

m) Philoſ. tranſ. abr. vol. 1. p. 172. (Der Jeſuit Faber führet in ſeiner Synopſi Opticæ p. 26 dieſen Verſuch auch an, und erkläret ihn, meines Bedünkens, recht gut. Er ſetzet nur den Umſtand hinzu, daß man ſich gegen einen erleuchtenden Gegenſtand gewendet haben müſſe. Es iſt der Schatten von der Nadel, ſaget er, der ſich im Auge entwirft. Dieſer iſt im Auge aufrecht, alſo glaubet man die Sache, für welche man ihren Schatten genommen hat, verkehret zu ſehen. Des Umſtandes der ſcheinbaren Krümmung erwähnet er nicht, dagegen aber, daß die Nadel jenſeits des Lochs zu liegen ſcheine. Ich habe den Verſuch nicht nachmachen können. K.)

wartungen von den Wirkungen ihrer Entwürfe, an die Ausführung derſelben. Doch finden wir gegen das Ende dieſer Periode den Dr. Hook klagen, daß, wenn auch noch in den Verfertigern der Teleſkope einiges Leben wäre, doch der Eifer derjenigen, die ſie brauchen ſollten, ſehr abgenommen hätte, und daß außer den vom Caſſini entdecketen Trabanten des Saturns, nach dem vom Huygens gefundenen, nichts neues durch Fernröhre entdecket wäre. Den Mikroſkopen, klaget er, gienge es nicht beſſer, um welche ſich kein Menſch, Leeuwenhoek ausgenommen, bekümmerte, und die man nur zum Vergnügen brauchete, beſonders ſeitdem man ſie ſo bequem eingerichtet hätte, daß man ſie in der Taſche tragen könnte. Zur Urſache dieſer Vernachläßigung giebt er an, daß die erſten Erfinder von dem Schauplatze abgetreten wären, und daß man es für ausgemachet annähme, es könnten keine Entdeckungen mehr durch dieſe Werkzeuge gemachet werden. Noch eine Urſache, meynet er, könnte auch wohl ſeyn, daß dieſe Inſtrumente ihren Gebrauch nicht bezahleten. a)

Die erſten, welche ſich in Schleifung teleſkopiſcher Gläſer hervorthaten, waren zwey Italiener, Euſtachio Divini zu Rom, und Campani zu Bologna. Der letztere war weit berühmter als der erſtere, oder als ſonſt einer ſeiner Zeitgenoſſen; wiewohl doch Divini behauptete, daß in allen Proben, die man mit ihren Gläſern gemachet, die ſeinigen, von großer Brennweite, eine ſtärkere Wirkung gethan hätten, als die Campaniſchen, und daß ſein Nebenbuhler nur nicht Luſt zu einer unpartheyiſchen Probe, nämlich mit einerley Augengläſern hätte. *) Doch glaubet man durchgängig, daß Campani den Divini wirklich übertroffen habe, ſowohl in Abſicht auf die Güte als die Brennweite ſeiner Gläſer. Mit Gläſern vom Campani entdeckete Caſſini die zwey nächſten Trabanten des Saturns. Sie waren auf Befehl Ludwigs XIV. gemachet, und hatten 86, 100, und 136 Pariſer Fuß Brennweite. **) Objectivgläſer vom Divini und Campani.

Campani verkaufete ſeine Gläſer theuer, und wandte alle Mittel an, ſeine Kunſtgriffe geheim zu halten. Niemand durfte in ſeine Werkſtatt kommen. Nach ſeinem Tode kaufete Pabſt Benedict XIV. ſeine Geräthſchaft, und ſchenkete ſie dem Inſtitute zu Bologna. Fougeroux hat eine Beſchreibung davon, ſo gut er ſie kennen lernen konnte, bekannt gemachet, woraus erhellet, daß, außer einer Maſchine zur Verfertigung der Schüſſeln, die Güte ſeiner Gläſer von der Reinigkeit des Glaſes, ſeinem venetianiſchen Tripel, dem Papiere, damit er ſeine Gläſer polirte, und der großen Geſchicklichkeit ſeiner Hand herrührete. Man ſagete auch durchgängig zu Bologna, daß er ſeinem zurückhaltenden und geheimnißvollen Weſen einen großen Theil ſeines Ruhmes zu danken gehabt hätte; von ſehr vielen Gläſern, die er gemachet, hätte er bloß die recht guten herausgegeben, und die übrigen zurückgeleget. Gläſer von ſehr großen Brennweiten machete er nur wenige. Da er einmal unglücklicher Weiſe eines von 141 Fuß Brennweite entzwey brach, gab er ſich unglaubliche Mühe, die beyden Stücken wieder zuſammenzuſetzen, und kam auch endlich

a) Hooke's experiments by Derham, p. 262.

*) Philoſ. tranſ. abr. vol. 1. p. 193.

**) Montucla, vol. 2. p. 606.

lich damit zu Stande, ſo, daß er es wie ein unverſehrtes Glas brauchen konnte. Wäre es ihm ſo leicht, wie er behauptete, geworden, ein anderes eben ſo gutes wieder zu machen, ſo würde er ſchwerlich ſich ſo viel Mühe gegeben haben. [b])

Dr. Hooke ſcheint von den Diviniſchen und Campaniſchen Gläſern keine ſonderliche Meynung gehabt zu haben. Denn bey Gelegenheit, da er einiger derſelben, die 36 und 50 Fuß Brennweite hatten, erwähnet, ſaget er, daß nach demjenigen, was man von der wahren Geſtalt des Saturns mit ihnen entdecket hätte, zu urtheilen, die Inſtrumente dieſer Künſtler nur ganz mittelmäßig, und nicht beſſer als Engliſche von 12 oder 15 Fuß ſeyn möchten. [c]) Aber ohne Zweifel muß man in dieſem Falle ſehr viel auf das Vorurtheil des Engländers abrechnen.

Berühmte Glasſchleifer in England,

Sir Paul Neille machte nach Hooken ziemlich gute Fernröhre von 36 Fuß, auch eines von 50, aber verhältnißweiſe nicht ſo gut. Nachher machten erſtlich Reive, und nach ihm Cox, ehedem die berühmteſten Glasſchleifer in England, einige gute Gläſer von 50 und 60 Fuß Brennweite. Cox machete auch eins von 100, wie gut aber, kann Hooke nicht ſagen [d]).

und in Frankreich.

Peter Borel, in Frankreich, machete auch Gläſer von großen Brennweiten, deren eines er der königlichen Geſellſchaft überreichete [e]). Doch finde ich von ihrer Güte keine Nachrichten.

In Abſicht auf die Länge der Brennweiten brachte es Auzout am weiteſten; er verfertigte ein Objectivglas von 600 Fuß Brennweite, war aber nicht im Stande, aus Mangel einer ſchicklichen Vorrichtung, es gebrauchen zu können. Hartſoeker ſoll noch weiter gegangen ſeyn [f]). Da es nicht einmal angieng, weit kürzere Gläſer in einer Röhre zu brauchen, ſo erdachte dieſer ſinnreiche Mechanicus eine Einrichtung, die Röhren wegzulaſſen, indem er ſie an die Spitze eines Baumes, einer hohen Mauer oder an das Dach eines Hauſes befeſtigte [g]).

Vorrichtungen, die Röhren wegzulaſſen.

Huygens, der auch ein vortrefflicher Mechanicus war, verbeſſerte die Erfindung, ein Objectivglas ohne Röhre zu gebrauchen, beträchtlich. Er faßte das Glas in eine kurze Röhre, die ſich nach allen Richtungen vermittelſt einer Nuß, drehen ließ, und befeſtigte es damit oben an einer hohen Stange. Die Mittellinie dieſer Röhre konnte er mit einem ſeidenen Faden richten, und ſie in eine gerade Linie mit der Mittellinie einer andern kurzen Röhre bringen, worinn das Augenglas befindlich war, und die er in der Hand hielte. Auf dieſe Art konnte er die noch ſo ſehr vergrößernden Gläſer, in jeder Höhe des Gegenſtandes, ſelbſt im Zenith, brauchen, wenn nur die Stange lang genug war. Außerdem hatte er noch eine Erfindung angebracht, das Geſtelle, worauf die Röhre mit dem Objectivglaſe ruhete,

b) Hiſt. de l' acad. de Paris 1764. p. 282. (Die Maſchine, welche in dem angeführten Jahrgange beſchrieben iſt, iſt ſehr einfach, und hat viel ähnliches mit der vom P. Cherubin in ſeiner Dioptrique oculaire angegebenen. Volkmanns Nachrichten von Italien, 1 Th. S. 394. K.)

c) Hooke's experiments, p. 261.

d) Ibid. p. 261.

e) Ibid. p. 261. (um die Jahre 1676 und 1678. Montucla, vol. 2. p. 606. K.)

f) Montucla, vol. 2. p. 606.

g) Miſcell. Berol. vol. 1. p. 261.

hete, zu erheben oder niederzulaſſen, um die Maſchine nach jeder Höhe des Gegenſtandes zu richten. De la Hire machete noch eine Verbeſſerung in der Manier das Objectivglas zu regieren, welches er in ein Brett, nicht in eine Röhre, einſchloß. Gegenwärtig wird man ſich ſchwerlich dieſer Vorrichtung bedienen, nachdem die reflectirenden und achromatiſchen Fernröhre entdecket, und zu ſo großer Vollkommenheit gebracht ſind, daß ſie auch Mikrometer beſitzen *h*).

Daß die Naturforſcher des vorigen Jahrhunderts ihre Beobachtungen mit ſo vielen Beſchwerlichkeiten und Unkoſten haben anſtellen müſſen, ſollte uns deſtomehr die Verbindlichkeit erkennen lehren, welche wir ſolchen Männern, wie Gregory, Newton und Dollond, ſchuldig ſind, die uns in den Stand geſetzet haben, weit deutlichere und vollkommnere Blicke in die entfernteſten Gegenden unſers Syſtems mit weniger Mühe und Unkoſten zu thun. Es ſollte uns auch fleißiger und eifriger machen, allen möglichen Nutzen von ſolchen Haupterfindungen zu ziehen.

Die Urſache, daß die gewöhnlichen dioptriſchen Fernröhre ſo ſehr lang müſſen gemachet werden, wenn man ihre Wirkung vergrößern will, iſt, daß ihre Länge in dem Verhältniſſe der Quadrate ihrer Vergrößerungen wachſen muß. Als, wenn ein Fernrohr, bey einerley Helligkeit und Deutlichkeit, zweymal mehr vergrößern ſoll, muß es viermal länger, und wenn es dreymal ſtärker vergrößern ſoll, neunmal länger gemachet werden, und ſo weiter *i*). Die Längen der Fernröhren wachſen ſtärker als die Vergrößerungen.

Ehe

h) Umſtändliche Nachricht findet man in Smiths Optik, S. 328 ff. der deutſchen Ausgabe, aus Hugenii Aſtroſcopia compendiaria, tubi optici molimine liberata, Hagae 1684; und eine Abzeichnung dieſer Maſchine, welche Hr Prieſtley auch hat nachſtechen laſſen, ich aber aus Sparſamkeit weggelaſſen habe. Sie iſt auch bey Wolfs elem. Dioptr. Tab. VIII. fig. 65. zu ſehen. De la Hires Verbeſſerung findet man in den Pariſer Memoires vom J. 1715. und beym Smith, S. 335. Auch hat Bianchini Verbeſſerungen eben daſ. Jahrgang 1713 geliefert. Die ältern Methoden findet man in Hevelii machina coeleſti.

Hr Käſtner bemerket beym Smith, daß die dioptriſchen Fernröhre vor den katoptriſchen immer noch einen Vorzug behalten möchten, weil er ſowohl als andere in jenen die Sachen heller, in dieſen aber mätter am Lichte gefunden haben. K.

i) Smith's Opticks, vol. 2. p. 354 (d. d. A. S. 185. und Hugenii Dioptr. prop. 56. Er beweiſt daſelbſt, daß die Durchmeſſer der Oeffnungen ſich wie die Quadratwurzeln der Brennweiten der Objectivgläſer verhalten, und daß die Brennweiten der Augengläſer daſſelbe Verhältniß haben müſſen, wenn die Helligkeit und Deutlichkeit in verſchiedenen Fernröhren einerley ſeyn ſollen. Daraus folget der oben angeführte Satz ſehr leicht. Zu merken iſt, daß Huygens hierbey bloß auf die Undeutlichkeit ſieht, welche durch die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen verurſachet wird, und welche nach dieſer Regel immer innerhalb derſelben Gränzen eingeſchränket wird. Die andere Art, welche von der ſphäriſchen Geſtalt der Gläſer herrühret, und gegen jene ſehr klein iſt, ſetzet er, wie er ausdrücklich erinnert, gänzlich bey Seite. Wegen dieſer letztern Art der Undeutlichkeit müſſen die Brennweiten der Objectivgläſer ſich, wie die Cubicwurzeln aus den Biquadraten der Zahlen der Vergrößerung, verhalten, wenn die Undeutlichkeit in denſelben Gränzen eingeſchloſſen bleiben ſoll. Euleri Dioptr. T. 2. § 194. Hr Euler ſcheint bey der Vergleichung ſeiner Regel mit der Hugenianiſchen l. c. § 199 auf den Unterſchied der Vorausſetzungen für beyde nicht Acht gegeben zu haben. Beyde, deucht mich, können ſehr wohl

Auzout von der Größe der Oeffnungen der Objective.

Ehe ich von dem reflectirenden Teleſkop rede, muß ich noch anführen, daß Auzout, in einem der königlichen Geſellſchaft eingereichten Aufſatze gewieſen hat, daß die Durchmeſſer der Oeffnungen, welche die Objectivgläſer dioptriſcher Fernröhre der Deutlichkeit wegen vertragen können, ſich wie die Quadratwurzeln der Brennweiten verhalten, darüber er eine Tabelle der Oeffnungen für Brennweiten von 4 Zoll bis 400 Fuß berechnete *k*). Doch bemerkete Dr. Hooke bey dieſer Gelegenheit, daß daſſelbe Glas, nach Maasgabe des größern oder geringern Lichtes des Gegenſtandes eine kleinere oder größere Oeffnung haben wolle. Z. E. die Sonne, die Venus, oder einen Fixſtern zu betrachten, gebrauchete er kleinere Oeffnungen; allein den Mond bey Tage, oder den Saturn, Jupiter und Mars bey Nacht zu beobachten, nahm er größere Oeffnungen *l*).

Alle dieſe ſchönen Erfindungen wurden durch das reflectirende Teleſkop gewiſſermaßen unbrauchbar gemachet. Denn ein dioptriſches Fernrohr, wenn man es auch 1000 Fuß lang machen und es regieren könnte, würde nicht mehr als tauſendmal vergrößern, weil man ein Ocularglas von wenigſten einen Fuß Brennweite nehmen müßte; da hingegen ein reflectirendes, das nicht über 9 oder 10 Fuß lang iſt, 1200 mal vergrößern kann *m*).

Geſchichte des reflectirenden Teleſkops.

Den glücklichen Einfall, ein reflectirendes Teleſkop zu machen, hatte ein Engländer, Jakob Gregory, der auf dieſe wichtige Erfindung beym Nachſinnen fiel, wie eine, im Grunde nicht viel bedeutende Unbequemlichkeit bey ſphäriſchen Linſengläſern könnte gehoben werden. Doch war die Art, wie er ſeinen Entwurf ausführen wollte, ſo beſchaffen, daß er niemals zur Vollkommenheit gebracht oder brauchbar werden konnte.

Er bemerkete, daß durch ein ſphäriſches Linſenglas das Bild einer auf die Axe ſenkrecht ſtehenden ebenen Figur nicht wieder eben, ſondern gekrümmet, und zwar gegen das Glas hohl ſeyn wird; und daß, wenn das Bild eben ſeyn ſoll, die Flächen des Glaſes nach der Figur eines Kegelſchnittes geſchliffen ſeyn müſſen. Daß es nicht angehen würde, den Gläſern ſolche Geſtalt zu geben, wußte er aus den mislungenen Verſuchen älterer Künſtler; aber er dachte, wiewohl irrig, daß es leichter ſeyn möchte, einen metallenen Spiegel nach der Figur eines Kegelſchnittes zu ſchleifen und zu poliren, und folgends ein Bild durch zurückgeworfenes Licht zu erhalten. In dieſen Gedanken ſchlug er ein Teleſkop mit zwey metallenen Spiegeln vor. Einer der Spiegel, der hinten in die Röhre kommen ſollte, war parabelförmig, und

ſollte

wohl neben einander beſtehen. Ich finde durch eine auf Herrn Eulers Formeln gegründete Rechnung, daß der Winkel zweener ungleichartiger Strahlen, nachdem ſie durch das Ocularglas gegangen ſind, bey gleicher Helligkeit des Bildes, einerley iſt, wenn ſich die Brennweiten der Vordergläſer verhalten, wie das Product aus der Zahl der Vergrößerung in eben dieſe um Eins vermehrte Zahl. Dieſes kömmt bey einigermaßen großen Vergrößerungen mit Huygens Regel ſinnlich überein. Die Helligkeit iſt nach Hrn Eulers Formel dieſelbe, wenn der Oeffnungs Durchmeſſer ſich wie die Vergrößerung verhält, wie bey Huygens ſeiner Regel. K.

k) Philoſ. tranſ. abr. vol. 1. p. 191.

l) Ibid. p. 192.

m) Montucla, vol. 2. p 608.

ſollte die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gegenſtandes herkämen, wieder in einen Punkt vereinigen. In der Axe dieſes Spiegels ward der Mittelpunkt eines kleinern elliptiſchen Spiegels geſetzet, der jene Strahlen zurückſenden, und ein Bild des Gegenſtandes nicht weit vor dem großen paraboliſchen Spiegel entwerfen ſollte. Dieſer letztere war in der Mitte durchbohret, um ein ſchickliches Augenglas daſelbſt anzubringen, dadurch man das Bild, wie in einem gewöhnlichen Fernrohre, betrachten könnte.

Wenn es gleich mit der Krümmung der Bilder ebener Gegenſtände durch ſphäriſche Gläſer ſeine Richtigkeit hat, ſo iſt der daraus entſtehende Fehler doch unmerklich, weil die Flächen der Gläſer nur ſehr kleine Kugelſtücken ſind. n) Außerdem fand man es nicht leichter, einem Spiegel eine paraboliſche oder elliptiſche Geſtalt zu geben, als einem Glaſe. o) In der That brachte auch Gregory ſein Teleſkop niemals zu einiger Vollkommenheit. Denn er ſelbſt machete auf mechaniſche Geſchicklichkeit keinen Anſpruch, und ſchlug die Sache nur andern zur Ausführung vor. Er hatte zwar einen ſphäriſchen metallenen Objectivſpiegel, und ſowohl einen kleinen hohlen als erhabenen Spiegel, von Reives und Cox geſchliffen, bekommen; weil ſie aber nicht gut polirt waren, machete er nur unvollkommene Verſuche damit, ohne ſie einmal in eine Röhre zu faſſen. Aus Unmuth, daß er keinen paraboliſchen Spiegel bekommen konnte, und der andere, damit er die Probe machete, nicht gut polirt war, gab er den Gedanken, ſolche Teleſkope in Gang zu bringen, ganz auf. p) Sir Iſaak Newton aber, der Gregorys angebliche Verbeſſerungen durch paraboliſche und elliptiſche Spiegel fahren ließ, behielt ſeinen Gedanken, ſtatt der Brechung lieber die Zurückwerfung zu gebrauchen, bey, begnügete ſich mit ſphäriſchen Spiegeln, und brachte alſo ſein wirklich bewundernswürdiges Teleſkop hervor, davon nebſt den dabey nach und nach angebrachten Verbeſſerungen in der Folge Nachricht ertheilet werden ſoll. q)

Dr. Hooke verfertigte ein reflectirendes Teleſkop, davon der große Spiegel durchbohret war, dergeſtalt, daß der Beobachter gerade auf den Gegenſtand hinſieht. Es ward der königlichen Geſellſchaft den 5ten Febr. 1674 vorgezeiget. r) Bey dieſer Gelegenheit wurde erinnert, daß dieſe Einrichtung zu allererſt vom Merſennus vorgeſchlagen, und darauf vom Gregory aufs neue empfohlen, aber, ſo viel man wüßte, von Niemanden vor Dr. Hooke wirklich ins Werk gerichtet worden wäre.

n) Betrachtet man die Abweichung der Strahlen von dem Vereinigungspunkte nicht, das iſt, ſetzet man die Winkel ihren Sinus oder auch ihren Tangenten proportional, ſo entdecket die ſchärfſte, unter dieſer Vorausſetzung, angeſtellte Rechnung keine Krümmung des Bildes einer ebenen Figur. Ich habe eine ſolche Rechnung zu dem zweyten Bande der deutſchen Schriften der Götting. Geſellſch. der Wiſſenſch. geliefert. K.

o) In der Folge hat doch Short Mittel gefunden, ſeinen Spiegeln eine paraboliſche Form zu geben: Man ſehe Euleri Dioptr. T. II. p. 530. auch unter den 13. Abſchn. der 6 Periode. K.

p) Gregory's Opticks, p. 212.

q) Montucla, vol. 2. p. 595.

r) Birch's hiſtory, vol. 3. p. 122.

Eine Beſchreibung dieſes Werkzeuges findet man in den vom Derham herausgegebenen Verſuchen des Dr. Hooke. S. 269.

Mikroſkop des Divini.

Ich wende mich itzt zu der Erzählung der Verbeſſerungen, die man in dieſer Periode mit den Mikroſkopen vorgenommen hat. Euſtachio Divini machete Mikroſkope mit zwey gewöhnlichen Objectivgläſern, und zwey plan-converen Augengläſern, die an ihren erhabenen Seiten an einander gefüget waren, ſo daß ſie ſich in einem Puncte berühreten. Die Röhre, worinnen ſie gefaſſet waren, war ſo dick, wie eines Mannes Bein, und die Augengläſer faſt ſo breit wie die flache Hand. s) Der Secretär der königl. Geſellſchaft, Oldenburg, erhielt eine Beſchreibung dieſes Werkzeuges von Rom, die er den 6ten Auguſt 1668 vorlas.

Hartſoekers Kugelmikroſkope.

Um dieſe Zeit machete Hartſoeker die Erfindung, kleine in einer Lichtflamme geſchmolzene Kügelchen, ſtatt der Linſengläſer, die man vorher zu einfachen Mikroſkopen gebrauchet hatte, zu nehmen. Mit dieſen entdeckete er zuerſt die Saamenthierchen, die zu einem neuen Syſtem der Zeugung Gelegenheit gaben. Ein ſolches Mikroſkop, wenn es ein Kügelchen, $\frac{1}{10}$ Zoll im Durchmeſſer iſt, vergrößert, wie Huygens bewieſen, hundertmal t); und weil ſie leicht eine halbe Linie und darunter dick gemachet werden können, kann man eine zwey- bis dreyhundertfache Vergrößerung erhalten. Stünde nicht die Schwierigkeit, die Objecte bey ihnen anzubringen, der Mangel des Lichtes, u) und die Kleinheit des deutlichen Geſichtsfeldes, im Wege, ſo würden ſie die vollkommenſte Art von Mikroſkopen ſeyn.

Leeuwenhoeks Mikroſkope.

Aber Niemand that ſich durch mikroſkopiſche Entdeckungen ſo ſehr, wie Leeuwenhoek, hervor, ob er gleich blos Linſengläſer mit kurzen Brennweiten gebrauchete, weil ihm mehr an der Deutlichkeit als an der Vergrößerung gelegen war.

Leeuwenhoeks Mikroſkope waren alles einfache. Jedes beſtand aus einem auf beyden Seiten erhabenen Glaſe, welches zwiſchen zwo ſilbernen, zuſammen genieteten und in der Mitte durchbohrten Platten, in einer Vertiefung lag. Der Gegenſtand ward auf einer Nadel befeſtiget, die man in jede beliebige Entfernung vom Glaſe bringen konnte. War es ein feſter Körper, den er betrachten wollte, ſo befeſtigte er ihn mit Leim; war es ein flüßiger, oder hatte er ſonſt Urſachen, ihn auf Glas auszubreiten, ſo legete er ihn auf ruſſiſchen Talk, oder ſehr dünn geblaſenes Glas, und leimete dieſes an die Nadel. Doch hatte er eine beſondere Vorrichtung, den Kreislauf des Geblütes zu betrachten, welche er an eben dieſe Mikroſkope anbringen konnte.

Den

s) Ibid. vol, 4. p. 313. (Das gedoppelte Augenglas beſchreibt auch Faber in Synopſi opt. p. 131. und rühmet die Vortheile, daß es den farbichten Rand wegnehme, daß es das Verhältniß der Theile des Gegenſtandes nicht verändere, daß es ſowohl das Object als das Geſichtsfeld mehr vergröſſere. K.)

t) Hugenii Dioptr. prop. 59.) H. hat zum Exempel ein Kugelchen von $\frac{1}{12}$ Zoll im Durchmeſſer, deſſen Vergrößerung er auf 128 ſetzet. Er berechnet die Vergrößerung in dem Verhältniſſe von $\frac{3}{4}$ des Durchmeſſers des Kügelchen zu 8 Zoll, als der Gränze des deutlichen Sehens. K.)

u) Man muß, wie Huygens zeiget, die Sache doppelt ſo nahe an das Kügelchen halten, als an die Linſe, bey einerley Vergrößerung. K.

Den größesten Theil seiner Mikroskope vermachete Leeuwenhoek der königlichen Gesellschaft. Sie waren in einem Schränkchen v) verwahret, dessen Schiebladen dreyzehen kleine Kästchen enthielten, in deren jedem zwo saubere in Silber gefassete Mikroskope lagen. Sowohl die Gläser als das Zubehör waren von seiner eigenen Hand gearbeitet.

Diese Linsen sind alle von vortrefflich hellem Glase; doch vergrößert keine so sehr, wie die sonst häufig zu Mikroskopen dienende Kügelchen. Dagegen fand Herr Folkes, der sie untersuchete, daß sie die Gegenstände sehr deutlich darstelleten, welches Leeuwenhoek vorzüglich suchete. Seine Entdeckungen muß man inzwischen nicht sowohl der Vortrefflichkeit seiner Gläser, als vielmehr seiner durch lange Erfahrung, bey dem Gebrauche derselben, erworbenen großen Beurtheilungskraft zuschreiben. Dabey hatte er eine besonders kunstreiche Manier in der Zubereitung der Gegenstände, um sie auf die vortheilhafteste Art zu betrachten. Deswegen ist es unschicklich, irgend eine von Leeuwenhoeks Beobachtungen übereilter Weise zu verwerfen. Denn er selbst erinnert mehr als einmal, daß sogar die geübtesten in dem Gebrauche des Mikroskops Fehltritte begehen können, wenn sie zu voreilig sind, über das, was sie sehen, zu urtheilen, und sich nicht durch wiederholte Beobachtungen zu versichern suchen. So manche seiner wundervollen Entdeckungen sind von den vorsichtigsten Beobachtern bestätiget worden, daß man in seine Genauigkeit bey denjenigen, welche man nicht so oft und so sorgfältig wiederhohlet hat, keine Ursache hat, Zweifel zu setzen. w)

Baker, der Leeuwenhoeks Mikroskope gleichfalls untersuchete, und der königl. Gesellschaft davon Bericht abstattete, fand, daß die stärksten den Durchmesser eines Gegenstandes etwa 160 mal vergrößerten; daß aber die übrigen lange nicht so starke Wirkung thaten. Hieraus folgerte er, daß Leeuwenhoek zu manchen seiner Entdeckungen weit stärkere Mikroskope gebrauchet haben müßte, welches, wie er saget, durch manche Umstände sonst noch bekräftiget wird. x)

Erste Idee vom Lieberkühnschen Mikroskop.

Aus Leeuwenhoeks Schriften erhellet, daß ihm die Methode, undurchsichtige Gegenstände vermittelst eines reflectirenden Hohlspiegels zu betrachten, welche Lieberkühn in der Folge zur Vollkommenheit gebracht hat, nicht unbekannt gewesen ist. Denn nach der Beschreibung seiner Vorrichtung, Aale in Glasröhren zu betrachten, füget er hinzu, daß er ein Instrument hätte, woran sich ein in Messing gefaßtes Mikroskop schrauben ließe; daß auf diesem Mikroskop eine kleine messingene Schüssel befestiget wäre, und daß er das Messing rund um sein Mikroskop, so viel als möglich, ausgefeilet hätte, damit es alles mögliche Licht auf das betrachtete Object zurückwerfen möchte. Dieses Mikroskop mit seiner Schüssel, davon eine genaue, aus seinen Werken genommene, Abzeichnung in der fig. 39. beygefüget ist, sieht dem Lieberkühnischen Mikroskope für dunkle Gegenstände, mit dem silbernen fig. 39.

v) Im Engl. Indian Cabinet.
x) Ibid. vol. 8. p. 122.
w) Philos. transf. abr. vol. 6. p. 154. etc.

Spiegel, ſo ähnlich, daß man wohl annehmen kan, daß es dem ſinnreichen Erfinder zur Veranlaſſung gedienet habe, wofern er ſonſt es bemerket hat. *y*).

Das Wilſonſche.

Im Jahre 1702 machete **Wilſon** an den einfachen Vergrößerern, ſo fern ſie bey durchſichtigen Gegenſtänden gebrauchet werden, einige ſinnreiche Verbeſſerungen, die ſo allgemein beliebt geworden ſind, daß man ſich gegenwärtig faſt keiner andern Art bedienet. Der Hauptvortheil ſeines Mikroſkops beſteht darinnen, daß es ein ziemlich großes Linſenglas hat, die Gegenſtände hinlänglich zu erleuchten; und daß es überdem mit einer feinen Schraube und Feder verſehen iſt, das Object dem vergrößernden Glaſe zu nähern, oder davon zu entfernen. Eine Beſchreibung dieſes Werkzeuges findet man in den Philoſ. Tranſ. abridg. vol. 4. p. 199. *z*) Das Wilſonſche Mikroſkop iſt auch ein nothwendiges Zubehör des nachher erfundenen Sonnenmikroſkops.

Adams Methode, Glaskügelchen zu machen.

Im Jahre 1710 legete **Adams** der königl Geſellſchaft ſeine Methode vor, kleine Kügelchen zu ſtarken Vergrößerern zuzubereiten. Er nahm ein Stück feines Fenſterglas, ſchnitt es mit einem Diamant in eine beliebige Anzahl Streifen, die nicht über $\frac{1}{8}$ Zoll breit waren. Darauf hielt er einen derſelben zwiſchen dem Zeigefinger und Daumen jeder Hand, über einer ſehr reinen Flamme, bis das Glas weich wurde, zog es alsdenn aus einander, daß es ſo fein wie ein Haar ward, und entzwey brach. Alsdenn hielt er das Ende jedes Stücks in den reinſten Theil der Flamme, ſo bekam er ſogleich zwey Kügelchen, die er nach Gefallen größer oder kleiner machen konnte. Hielt er ſie lange in die Flamme, ſo bekamen ſie Flecken. Deswegen zog er ſie ſogleich, wie ſie rund wurden, heraus. Den Stiel brach er an den Kügelchen ſo nahe als möglich, ab, und legete das übrige zwiſchen die Platten, worinnen genau runde Löcher gedrehet waren. So erhielt er ein vortreffliches Mikroſkop. Durch dieſe Vergrößerer, ſaget er, erſchien ihm ein Faden feines Muſſelin drey- bis viermal dicker, als durch die ſtärkſten Wilſonſchen. *a*)

Greys Waſſermikroſkop.

Der ſinnreiche **Grey**, der ſchon oben erwähnet iſt, fiel auf ein leichtes Mittel, mit ſehr wenigen Koſten gute Mikroſkope, freylich nur für eine Zeitlang, zu machen. Das Kunſtſtück beſteht darinnen, daß man mit einer Nadelſpitze einen Tropfen Waſſer aufnimmt, und ihn in ein kleines Loch in einer metallenen Platte thut. Dieſe Waſſerkügelchen vergrößern zwar nicht ſo viel, als gläſerne von gleicher Größe (denn die brechende Kraft des Waſſers iſt geringer); dies kann man aber dadurch erſetzen, daß man ſie deſto kleiner machet.

Mikroſkop, worinnen das Object eingeſchloſſen.

Noch ein ſehr guter Einfall von ihm iſt dieſer. Er bemerkete, daß die kleinen ungleichartigen Theilchen in den Vergrößerungsgläſern ſehr vergrößert erſchienen. Alſo ſetzete er in ſeine Waſſermikroſkope lebendige Thierchen, um zu ſehen, wie ſie in dieſer neuen Stellung erſcheinen würden, und fand ſeine Erwartung auch ſo übertroffen,

y) Philoſ. tranſ. vol. 8. p. 128. (Leeuwenhoek beſchreibt dieſe Einrichtung in den Arcanis nat. detectis p. 182, in einem Briefe an die Engl. Geſellſchaft vom 12. Jan. 1689. Er redet aber davon bloß als von einem Werkzeuge zur Betrachtung des Kreislaufes des Blutes in Aalen. K.)

z) Auch in Wolfii elem. Dioptr. § 421. Tab. IX. fig. 69. K.

a) Philoſ. tranſ. abr. vol. 4. p. 204.

troffen, daß er die ſtarke Vergrößerung derſelben nicht einmal zu erklären wußte. Denn ſie war weit ſtärker, als wenn das Object an der gehörigen Stelle außerhalb des Kügelchens geſtellet worden wäre. Aber Montucla bemerket, daß wenn eine Sache in einem ſolchen durchſichtigen Kügelchen ſich befindet, die von dem Auge abgewandte Seite deſſelben, wie ein Hohlſpiegel anzuſehen iſt, wenn die Sache zwiſchen der Fläche deſſelben und dem Brennpunkte lieget, und daß ſie deswegen $3\frac{1}{3}$ mal größer ſcheint, als wenn ſie auf die gewöhnliche Art in den Brennpunkt des Kügelchens geſtellet wäre [b]).

In dieſer Periode fieng man an, **Mikrometer** an Fernröhren und Vergrößerern anzubringen, um dadurch die Durchmeſſer kleiner Körper, und alle kleine Entfernungen weit genauer, als es mit Quadranten, Sextanten, u. d. gl. geſchehen kann, zu meſſen. Dieſes bewerkſtelligte man dadurch, daß man das Bild des Gegenſtandes in dem Brennpunkte des Objectivglaſes maaß, wozu man allerhand mechaniſche Einrichtungen erdachte. Vor der Erfindung dieſer Methode pflegten die Beobachter das Geſichtsfeld jedes Fernrohres mit dem darinn ſichtbaren Stücke des Mondes zu vergleichen, deſſen Durchmeſſer man auf 15 bis 16 Min. rechnete [c]); beſtimmeten daraus die ſcheinbare Größe deſſelben, und daraus ferner die andern Entfernungen nach dem Augenmaaße. Mikrometer.

Der erſte, der auf jene genauere Methode fiel, war **Gaſcoigne**, vor den bürgerlichen Kriegen in England. Er war es auch, der die Dioptern an Quadranten mit dem Fernrohre vertauſchete [d]). Eine Abhandlung über die Optik hatte er zum Drucke fertig gemachet. Er ward aber unglücklicher Weiſe in den Dienſten Carls I. getödtet, und ſeine Handſchrift gieng verloren. Doch fiel ſein Inſtrument in die Hände **Townleys**, der verſichert, daß er mit demſelbigen einen Fuß in 40000 Theile theilen könnte. Erſter Erfinder.

Dr. **Hooke**, der des Gaſcoigne Inſtrument zu ſehen bekam, machete eine Zeichnung und Beſchreibung davon, nebſt einigen Verbeſſerungen bekannt, die man in den Phil. tranſ. abr. vol. 1. p. 217 findet. Gaſcoigne theilete das Bild im Brennpunkte durch die Bewegung zweyer metallener Platten, mit ſehr ſcharfen Ecken, ein, ſtatt deren Dr. Hooke zwey feine parallel geſpannte Haare vorſchlug. Noch zwo andere Methoden vom Hooke findet man in ſeinen nachgelaſſenen Werken, p. 497. 498. Einige merkwürdige Beobachtungen, die Gaſcoigne mit ſeinem Mikrometer, beſonders über die Durchmeſſer des Mondes und anderer Planeten, anſtellete, findet man in den Philoſoph. tranſact. vol. 48. p. 190.

Huygens bediente ſich, die Durchmeſſer der Planeten, oder ſonſt kleine Winkel zu meſſen, folgendes Verfahrens, welches er in dem 1659 herausgekommenen Syſtemate Saturnio beſchreibt. Zuerſt maaß er das Geſichtsfeld ſeines Fernrohres, Huygenianiſches Mikrometer.

b) Montucla, vol. 2. p. 610. Aus Smiths Optik, d. d. A. S. 349.)

c) Miſcell. Berol. vol. 1. p. 202.

d) Philoſ. tranſ. vol. 48. p. 190. (Townleys Nachricht von Gaſcoignes Mikrometer ſteht in den Philoſ. tranſ. Nr. 25. p. 457. Die Papiere, welche Gaſcoignes Beobachtungen mit dem Mikrometer enthalten, ſind vom Jahre 1640, wie Bevis in den Ph. tr. vol. 48 bezeuget. Z.)

res, e) welches, wie er ſaget, am beſten geſchieht, wenn man die Zeit des Durchganges eines Sterns durch daſſelbe beobachtet. Dann hatte er zwey oder drey lange und dünne Meſſingplatten, von verſchiedenen Breiten, deren Seiten recht gerade, und allmählig zuſammenlaufend waren. Eine davon ſchob er durch zwey Einſchnitte in dem Fernrohre, dem Orte des Bildes gerade zur Seite, und beobachtete, an welcher Stelle ſie den Planeten, oder die Entfernung, die er meſſen wollte, genau bedeckete. Allein Newton erinnert, daß die Durchmeſſer der Planeten auf dieſe Weiſe zu groß ausfallen, ſo wie alle helle Sachen größer erſcheinen, wenn ſie auf einem dunkeln Grunde geſehen werden f).

Mikrometer des Marquis Malvaſia.

Aus den Ephemeriden des Marcheſe **Malvaſia**, die 1662 gedrucket ſind, ſiehet man, daß er kleine Entfernungen der Fixſterne, und die Durchmeſſer der Planeten zu meſſen, auch genaue Abzeichnungen der Mondesflecken zu machen, gewußt hat, und zwar vermittelſt eines Gitters von Silberdrat, welches in dem gemeinſchaftlichen Brennpunkte des Objectiv- und Augenglaſes angebracht war. Durch die Umdrehung des Gitters oder Fernrohres ließ er einen dem Aequator nahen Stern längſt einem der Faden des Netzes ſich bewegen, zählete nach einer Secundenuhr die Zeit, welche auf dem Wege deſſelben von einem Faden zum andern verfloß, daraus er alſo die Entfernungen der Fäden in Minuten und Secunden eines Grades ausgedrückt erhielt. g)

Auzouts und Picards.

Im J. 1666 gaben **Auzout** und **Picard** die Beſchreibung eines Mikrometers heraus, welches dem vom Marquis Malvaſia erfundenen ſehr ähnlich war, außer daß ſie ſich zur Eintheilung einer Schraube mit mehrerer Genauigkeit bedieneten. Sie gebraucheten auch ſeidene Fäden, die feiner als Silberfäden ſind h). Auch **Dechales** empfiehlt zum Mikrometer ein Gitter von feinem Silberdrat oder ſeidenen Fäden, deren Entfernungen von einander man genau weis, beſonders zur Aufnahme einer Mondkarte i).

De la Hiriſches, eigentlich Römerſches Mikrometer.

De la Hire giebt dem Fadengitter zur Beobachtung der Größe einer Sonnen- oder Mondsfinſterniß den Vorzug vor allen. Dieſe, ſagete er, machete man gewöhnlich aus ſeidenen Fäden, oder nähme in Oel getränktes Papier mit ſechs darauf gezeichneten concentriſchen Kreiſen, ſtatt deſſen er aber dünnes Glas zu nehmen, und die Kreiſe mit der Spitze eines Diamants darauf zu zeichnen anräth. Weil aber

e) Huygens ſtellete in den Ort des Bildes eine meſſingene Platte mit einer runden Oeffnung, um dadurch das Geſichtsfeld ſcharf und deutlich zu begränzen. K.

f) Smith's Optiks. vol. 2. p. 342. d. d. A. S. 316.

g) Mem. de l' acad. de Paris, 1717. p. 100.

h) Ibid. p. 101. (Die Beſchreibung ſtehet in einem Extract d' une lettre de Mr. Auzout du 28 Dec. 1666. à Mr. Oldenbourg, Secretaire de la Soc. R. d' Angleterre, touchant la maniere de prendre les Diametres des Planetes, etc. welchen de la Hire in den Ouvrages poſthumes de Mrs. de l' Academie 1693. wieder abdrucken laſſen. Dieſes Mikrometer hatte einen beweglichen Rahmen, der vermittelſt einer Feder gegen die Schraube angedrücket ward, die den Rahmen mit dem daran befindlichen Faden vorwärts oder rückwärts bewegete. Mem. de l' Acad. de Paris, 1717, p. 72. 73. K.)

i) Acta Erud. 1710. p. 464.

aber bey der gewöhnlichen Art verſchiedene Schwierigkeiten ſich äußern, ſo giebt er eine andere Art an, wodurch dieſe vermieden werden, und nach welcher man das einmal gezeichnete Mikrometer zu allen Durchmeſſern der Sonne und des Mondes gebrauchen kann. Es beſteht wieder aus ſechs concentriſchen auf Glas gezogenen Kreiſen, oder auch aus parallelen geraden Linien. Das Fernrohr bekömmt zwey Objectivgläſer, von ohngefähr gleichen Brennweiten, die nahe hinter einander geſtellet werden. Das Bild des Gegenſtandes fällt näher an dieſes gedoppelte Glas, als es an eines derſelben allein fallen würde, und rücket weiter ab, je weiter die Gläſer von einander geſchoben werden. Den äußerſten der ſechs Kreiſe nimmt er noch ein wenig größer als es für den größten ſcheinbaren Durchmeſſer des Mondes gehöret; durch die Stellung der Gläſer kann man immer erhalten, daß dieſer Kreis das Sonnen- oder Mondsbild genau faſſe. Nachdem er ſeine Erfindung ſchon beſchrieben, ſaget er, habe er noch gefunden, daß Römer eine gleiche Methode angegeben habe, nur daß dieſer ſeidene Fäden brauche, die nicht ſo gut, wie die auf Glas ſauber gezeichneten Linien, ſeyn. *k*)

Caſſini und Bradleys Mikrometer.

Caſſini erfand ein ſehr ſinnreiches Mittel, die Rectaſcenſionen und Declinationen zu beobachten, nämlich durch vier Kreuzfäden, die in dem Brennpunkte befeſtiget waren, und mit deren einem der Stern parallel laufend gemachet wurde. Die Schwierigkeit, welche in der Ausführung noch übrig blieb, ward durch eine mechaniſche Einrichtung des Dr. Bradley gehoben. *l*) Weil ich aber bey dem, was blos mechaniſch iſt, mich nicht aufhalten kann, ſo verweiſe ich den Leſer auf Smiths Beſchreibung des beſten Mikrometers dieſer Art. *m*)

Von Seguers Methode zur Vergrößerung des Geſichtsfeldes.

In neuern Zeiten hat Hr von Segner ein Mittel zur Vergrößerung des Geſichtsfeldes an dieſen Mikrometern vorgeſchlagen, da er nämlich das Augenglas beweglich machet, oder mehrere Augengläſer neben einander ſtellet. Zwo aber, glaubet er, werden hinlänglich ſeyn, und giebt nähern Unterricht von dem Gebrauche eines ſolchen Mikrometers zu aſtronomiſchen Beobachtungen. *n*)

Leeuwenhoeks und Jurins Verfahren bey Mikroſkopen.

Leeuwenhoek pflegte, um die Größe kleiner Gegenſtände zu ſchätzen, ſie mit Sandkörnern zu vergleichen, deren 100 an einander geleget, einen Zoll ausmacheten. Dieſe Körnerchen legete er neben den Gegenſtand, um ſie mit dieſen zu gleicher Zeit zu betrachten. *o*) Dr. Jurin wand einen feinen Silberdrat, deſſen Durchmeſſer er erfahren wollte, ſo dicht als möglich, um eine Stecknadel, und zählete die Umläufe in der Länge eines Zolles. Sonſt gebrauchete er den Silberdrat eben ſo, wie Leeuwenhoek ſeine Sandkörner. *p*)

Hr

k) Mem. de l' Acad. de Paris 1701. p. 160. Weil Hrn P. Nachricht von dieſer Erfindung des de la Hire etwas unvollkommen war, ſo habe ich den Abſatz umgeändert. K.

l) Smith's Opticks, vol. 2. p. 343. d. d. A. S. 318.

m) Ibid. p. 345. d. d. A. S. 319.

n) Comm. Goetting. vol. 1. p. 27.

o) Baker on the microſcope, p. 42.

p) Käſtners Lehrbegriff der Optik S. 351. K.

Martins Mikrometer an Mikroſkopen.

Hr Martin ſchlägt in ſeiner Optik ein Mikrometer, wie es an Fernröhren gebrauchet wird, auch bey Mikroſkopen vor. Es ſollen nämlich auf Glas mit einer feinen Diamantſpitze eine gewiſſe Anzahl paralleler Linien, $\frac{1}{40}$ Zoll von einander, gezogen werden. Das Glas wird in dem Orte des Bildes angebracht. Durch Hülfe eines ſolchen Gitters hat Dr. Smith eine genaue Abzeichnung eines Gegenſtandes zu machen gelehret. Denn man darf nur die Theile des Gegenſtandes in ein ähnliches auf Papier gezeichnetes Gitter eintragen. q) Hr Martin bedienet ſich auch einer Schraube. Beyde Arten beſchreibt er in ſeiner Optik, S. 277.

Hookens Methode.

Dr. Hooke pflegete mit einem Auge auf das vergrößerte Object, und zu gleicher Zeit mit dem andern auf andere gleich weit entfernte Gegenſtände zu ſehen. Auf ſolche Weiſe war er, vermittelſt eines in Zolle und kleinere Theile getheilten Lineals, das auf dem Fuße des Mikroſkops lag, im Stande, die ſcheinbare Größe der Sache durchs Glas auf dem Lineale zu entwerfen, und genau zu meſſen; aus deren Vergleichung mit ihrer Größe, durchs bloße Auge betrachtet, die Stärke der Vergrößerung leicht beſtimmet ward. Baker lobet dieſe Methode, und verſichert aus ſeiner Erfahrung, daß ſie durch ein wenig Uebung ſehr geläufig und angenehm werde. r)

Ein paar vermiſchte Artikel, einige Erfindungen von Dr. Hooke in der praktiſchen Optik betreffend, will ich noch beybringen, und darauf mit der Geſchichte der Brennſpiegel ſchließen.

Praktiſche Erfindungen vom Hooke.

Man hat Dr. Hooken eine ſchöne Einrichtung, wie man in die Sonne, ohne den Augen zu ſchaden, ſehen könne, zu danken. Die Strahlen ſollen, nach ſeinem Vorſchlage, von einem Planſpiegel zum andern ſo lange zurück geworfen werden, bis man ſie ſo geſchwächet hat, daß ſie dem Auge völlig unſchädlich und angenehm ſind. Dieſe Art iſt weit beſſer, als wenn man die Sonne durch ein mit Rauch angelaufenes oder gefärbtes Glas betrachtet, dadurch ſie eine rothe und heßliche Farbe bekömmt. Seinen Aufſatz hierüber las er der Geſellſchaft den 28ſten Junius 1675 vor. s)

Er erfand auch für kurzſichtige Perſonen ein Werkzeug, das aus zwey Convergläſern beſtand, deſſen Beſchreibung er der Geſellſchaft im Jahre 1679 mittheilete. Darinnen bemerket er, daß durch die beſtändige Gewohnheit, die Sachen umgekehrt zu ſehen, wie man ſie durch dieſes Werkzeug ſieht, dieſe Stellung ſo natürlich als die aufrechte würde; und iſt der Meynung, daß ein Menſch, der von Kindheit an die Sachen umgekehrt zu ſehen gewöhnet wäre, und hernach ſie ohne dieſe Gläſer anſähe, ſie für umgekehrt halten würde, wie es ihre Bilder auf der Netzhaut ſind. t) Noch erfand er eine tragbare Camera obſcura, um Sachen in Lebensgröße abzuzeichnen. u)

Der

q) Baker, l. c. p. 48.
r) Ibid. p. 45.
s) Birch's hiſtory, vol. 3. p. 179.
t) Ibid. vol. 3. p. 500. vol. 4. p. 157.
u) Ibid. vol. 3. p. 436.

Der größte Brennſpiegel, der vor der Mitte des 17ten Jahrhunderts verfertiget iſt, wird der vom Maginus v) ſeyn, welcher 20 Zolle breit war. Darauf brachte Septala, Canonicus zu Mayland, einen Brennſpiegel, 3½ Fuß breit, und 15 Fuß Brennweite zu Stande. w) Um eben die Zeit machete ſich Villette, ein Künſtler zu Lyon, durch einen Brennſpiegel von ſeiner Arbeit berühmt, der 30 Zolle breit war, und weil ſeine Brennweite nur 3 Fuß betrug, ſo, daß der Brennraum nicht größer, als ein damaliger halber Louisd'or, alſo im Verhältniſſe der Fläche des Spiegels kleiner, als an dem Spiegel des Septala war, noch eine größere Hitze als dieſer hervorbrachte. Mit dieſem Spiegel konnte er in wenigen Secunden die ſchwerflüßigſten Metalle ſchmelzen, ja ſelbſt Steine und Erde, welchen das gewöhnliche Feuer nichts anhaben kann, als Schmelztiegel, in eben ſo kurzer Zeit verglaſen. Dieſer Spiegel ward vom Ludwig XIV. gekaufet, und iſt itzt in dem Kabinette des Königs von Frankreich befindlich. Nachher verfertigte eben dieſer Künſtler einen andern Brennſpiegel, 44 Zolle im Durchmeſſer, welchen der Landgraf von Heſſen kaufete. x) Geſchichte der Brennſpiegel.

Einen weit beſſern Spiegel, als die Villettiſchen, verfertigte von Tſchirnhauſen um das Jahr 1687, davon man eine Nachricht in den Actis Erud. 1687, p. 52 antrifft. Dieſer war etwa 4½ Pariſer Fuß breit, und zündete in einer Entfernung von 12 Fuß. *) Er war nicht, wie die Villetiſchen, aus einer Miſchung geſchmolzener Metalle gemachet, ſondern beſtand aus einer dünnen Kupferplatte, war alſo im Verhältniſſe ſeiner Größe ſehr leicht. Die Wirkungen dieſes Brennſpiegels waren in der That erſtaunend. Kein Körper, ſelbſt der bisher für unzerſtörbar gehaltene Asbeſt, ward gefunden, der nicht durch ihn verglaſet wurde. Wegen der Unbequemlichkeit bey dem Gebrauche ſolcher Spiegel bemühete ſich Tſchirnhauſen, Brenngläſer von gleicher Größe und Wirkung auszuarbeiten, und brachte endlich auf einer Sächſiſchen Glashütte eine Glaslinſe zu Stande, die auf beyden Seiten erhaben, drey Fuß breit war, und eine Brennweite von zwölf Fuß hatte. Der Brennraum war 1½ Zoll im Durchmeſſer. Um die Hitze zu verſtärken, wurden die Strahlen noch durch ein kleiner Linſenglas verdichtet. Dieſes Brennglas that einerley Wirkung mit den vorher angeführten Spiegeln, und in noch kürzerer Zeit. Der Herzog von Orleans kaufete es, und ſchenkte es hernach der franzöſiſchen Akademie. Es wog 160 Pfunde. y)

v) Profeſſor der Mathem. zu Bologna. Seine Spiegel hatten zum Theil bis 3 Bononiſche Fuß (3¾ Pariſer) Brennweite. Schott, magia nat. p. 315. K.

w) Beym Kircher ars magna lucis et umbrae p. 883. ſind es aus einem Briefe eines Augenzeugen funfzehen Schritt. K.

x) Umſtändlichere Nachrichten von den Spiegeln des Villette in Liebknechts Diſp. de ſpeculis cauſticis, aus du Hamel Opp. phil. tom. 2. l. 2. c. 11. und den Philoſ. tranſ. 1665; und Journ. des Scavans 1666. Mars, 1679. Decemb. Einen von den Villetiſchen Brennſpiegeln hat der König von Perſien durch Tavernier bekommen. K.

*) Die Brennweite betrug zwo Leipziger Ellen (ulnas). Der größte Bogen des Spiegels war ungefähr drey Ellen. K.

y) Caſſini hat in den Mem. de l'acad. des ſcienc. 1747. p. 36. eine Methode angegeben,

In den folgenden Zeiten versuchete man auch Brennspiegel von Holz und andern leichten Materien zu machen, welche man mit Firniß oder Blattgold überzog, und die auch zum Theil beträchtliche Wirkung gethan haben sollen. Doch scheinen sie nicht die vorher angeführten übertroffen zu haben, oder ihnen nur gleich gekommen zu seyn. z)

Man versuchete auch Brennspiegel, insbesondere einen von der paraboliſchen Form, zum praktiſchen Gebrauche zu nützen, dergleichen von des P. Franciſcus Tertius de Lanis Erfindung, zu chymiſchen Arbeiten, in den Act. Erud. 1688. p. 38 beſchrieben iſt, der aber nicht in Gang gekommen zu ſeyn ſcheint.

Zusätze des Uebersetzers.

I.

Von Mikrometern.

Eine umſtändliche Beſchreibung und Unterricht von dem Gebrauche der Mikrometer zu aſtronomiſchen Beobachtungen findet man in des Hrn de la Lande Aſtronomie, 13. und 14. Buche, als von dem Mikrometer mit 4 Fäden, die ſich unter Winkeln von 45° kreuzen, § 1864 und 2000 ff. der erſten Ausgabe; dem Rhomboidaliſchen von Bradley, das jetzt am gewöhnlichſten iſt, § 1867 und 2007, von dem mit einem beweglichen Faden, ſowohl demjenigen, da der Rahmen, worinn dieſer Faden geſpannet iſt, ſich nicht drehen kann, als dem, in welchem er ſich drehen läßt, § 1873 und 2016 ff. Dieſes ſind die von Smith S. 319 der d. A. beſchriebene. Die Einrichtung und den Gebrauch des erſtern hat de la Hire, Mem. de l' Acad. de Paris 1701. p. 135, beſchrieben, wiewohl es eigentlich Römern gehöret. Die Erfindung, den Rahmen des laufenden Fadens zu drehen, iſt von Bradley. Noch eines, vom Ritter de Louville in den Mem. de l' acad. de Paris, 1714, angegebenes, das aus zwey unbeweglichen auf einander ſenkrechten, und einem beweglichen Faden beſteht, und die Höhen der Sterne genau zu nehmen dienet, beſchreibet de la Lande umſtändlich, a. a. O. § 1880 ff.

Sehr ſchöne mathematiſche Unterſuchungen über alle Arten von Mikrometern findet man in Hrn Käſtners Sammlung aſtronomiſcher Abhandlungen, 2 Samml. VII. Abh. Ich zeichne nur einiges hiſtoriſches aus. Das von dem Marcheſe Malvaſia

geben, wie man ſich der Hohlſpiegel zur Schmelzung der Metalle eben ſo gut, wie der Brennſpiegel, bedienen könne. Sie beſteht darinnen, daß man zwiſchen dem Spiegel und ſeinem Brennpunkte einen kleinen Hohlſpiegel ſtellet, der die Strahlen zum zweytenmale auf die zu ſchmelzende Sache zurückwirft. K.

z) Montucla, vol. 2. p. 612. (Gärtner, ein Künſtler zu Dresden, hat einen Brennſpiegel von Holz gemachet, der ſehr große Wirkung gethan hat. Wolfii Catoptr. § 221. Zahn erzählet, daß Neumann, ein Ingenieur zu Wien, mit einem Brennſpiegel von Pappe, der mit Stroh überzogen geweſen, Metalle geſchmolzen habe. Ibid. § 223. K.)

Malvasia zuerst angegebene Mikrometer verfertiget jetzt der augspurgische Mechanicus, Hr Brander, in großer Vollkommenheit, nur daß er statt der Fäden, sehr feine Striche aufs Glas ziehet, die kaum $\frac{1}{200}$ einer Linie breit, und sehr nahe, als $\frac{1}{100}$ oder $\frac{1}{200}$ einer pariser Linie, bey einander sind — Einen leeren Kreis statt des Mikrometers zu gebrauchen, hat Hr de la Lande in der neuen Ausgabe seiner Astronomie vorgeschlagen — das Mikrometer, welches aus einem gleichschenklichten Dreyeck, und einem der Grundlinie parallelen Faden besteht, hat der Jesuit Pickel in einer 1772 zu Dillingen gehaltenen Disputation, de micrometris, quae filis constant, in angulum coeuntibus, beschrieben. Es ist das, worauf in der letztern Anm. [1]) verwiesen ist. Das Rautennetz ist ihm vorzuziehen, weil es keinen unbrauchbaren Abschnitt im Fernrohre machet, wie jenes und noch andere Bequemlichkeiten im Gebrauche hat — Gottfried Kirch, ein Berliner Astronome, hat 1679 ein sehr wohlfeiles Mikrometer erfunden, und zuerst in seinem 1696 herausgekommenen Calender bekannt gemachet. Es besteht aus einem Ringe, der an beyden Enden eines Durchmessers durchbohret ist, dadurch Schrauben hineingehen, die in dem Mittelpunkte des Ringes zusammenkommen. Weiten der Sterne zu messen, zieht es Hr Euler allen künstlichern vor. Mem. de l' Acad. de Prusse, 1748. p. 121. Man kann auch damit die Sehnen des verfinsterten Theiles bey Finsternissen der Sonne und des Mondes messen. Doch hat es seine Unbequemlichkeiten, als daß man bey der Messung die Schrauben beyde zusammendrehen und die Umdrehungen zählen muß, dabey man Zeit verlieret, und sich leicht verzählen kann. Diesem Mikrometer ähnlich ist das von de la Hire, Mem. de l' acad. de Paris, 1717. p. 72 vorgeschlagene, welches ein Tasterzirkel mit ein paar langen geraden Schenkeln ist, die sich um denselben Kopf drehen. Die krummen befinden sich da, wo das Mikrometer hingehöret, die geraden ragen durch eine Oeffnung des Fernrohres hinaus. Es scheint nie in Gebrauch gekommen zu seyn, und ist auch nicht so gut wie das Kirchische — Hecker, ein Danziger Patricius, hat ein Mikrometer unter Ueberbleibsaalen von Heveliſchen Werkzeugen gefunden, das aus parallelen Fäden besteht, deren Weiten sich vermittelst Schrauben ändern lassen. Es ist von ihm in den Act. Erud. 1708. beschrieben. Im wesentlichen ist es mit dem jetzt gewöhnlichen einerley. So auch Römers Mikrometer, welches Horrebow, Basis Astron. c. 13 beschreibt, und das der Erfinder schon um 1676 angegeben hat. Denn das wesentliche des jetzt gewöhnlichen sind zween parallele Faden, deren einer beweglich, der andere unbeweglich ist, nebst einem auf beyde senkrechten. Man erhält dadurch die Unterschiede der Rectascensionen und Declinationen zweener benachbarten Sterne, am geschwindesten, wenn beyde Sterne längst den parallelen Fäden sich bewegen, und durch einige Rechnung, welche Hr Kästner sehr nett vorgetragen, wenn sie es nicht thun — Das oben nach de la Hire beschriebene Römersche Gitter mit zwey Objectiven, und das damit verwandte Heliosкop findet man in dieser Abhandlung ebenfalls sehr deutlich berechnet — Der P. Helfenzrieder zu Ingolstadt hat 1773 eine Disputation gehalten, deren Aufschrift ist, Tubus astronomicus, amplissimi campi, cum micrometro suo et fenestellis ocularibus.

ocularibus. Seine Absicht ist dieselbe mit der des Hrn von Segner. Er stellet 16 gleiche Oculargläser in eine Reihe parallel mit den horizontalen Fäden des Gitters, welches zum Mikrometer dienet, und diese sind unbeweglich. Noch nimmt er einen andern Rahmen mit 16 Oculargläsern derselben Größe, der immer parallel mit sich selbst herauf und herunter beweget werden kann.

II.

Von den Höfischen Brennspiegeln

Des Zusammenhanges wegen füge ich einige Nachrichten von denselben aus dem alten Hamburgischen Magazine bey.

In dem 5ten Bande 3ten St. giebt Dr. Hofmann eine Nachricht von vielen Erfahrungen, die er damit angestellet hat. Höfe hat verschiedene Spiegel gemachet, erst einige kleinere, alsdenn etliche von 2 Ellen, einen von $2\frac{1}{2}$, und einen von 4 Ellen in der Höhe. Die Brennweiten waren nach der Ordnung 20, 22, 48 Zolle. Die Erfahrungen sind mit dem von mittlerer Größe angestellet. Ein hessischer Schmelztiegel schmolz binnen 2 Sec. zu einem grünschwarzen Glase. Einen solchen Tiegel hat Höfe bey einer zehnzölligen Verfinsterung der Sonne 1748 in etlichen Secunden eben also geschmolzen. Zur Haltung der zu schmelzenden Körper war ein eiserner Bogen, von einem Rande zum andern gemachet; in dessen Mitte zwo blecherne Gabeln befindlich waren, worein die Dillen, die Körper dahinein zu stecken, gehängt wurden. Die Spiegel waren aus starken messingenen Blechtafeln sehr vollkommen zusammengefüget, und kamen der paraboliſchen Form nahe.

Höfe hat selbst eine Nachricht von seinen paraboliſchen Brennspiegeln, Dresden 1755, herausgegeben, wovon in dem Hamb. Mag. 14 B. 6 St. nachzusehen ist. Es wird daselbst durch Berechnung gezeiget, daß sie wirklich der paraboliſchen Gestalt sehr nahe kommen.

Im 16 B. 3 St. ist eine Nachricht enthalten, wie durch Strahlen, die von einem großen Planspiegel, von etwa 4 Fuß im Quadrate, auf den Brennspiegel geworfen wurden, daß sie sich niederwärts in einem Brennpuncte vereinigten, solche Sachen, die sich nicht gut über dem Brennspiegel halten lassen, geschmolzen oder verglaset sind. Der Verf. des Aufsatzes, Schulze, hat auf solche Art mit einem Spiegel 4 Fuß 2 Zolle breit, und 1 F. 9 Z. Brennweite, Asbest, Sand, und die gemeine Holzasche, in ein grünliches Glas verwandelt.

Die Höfischen Brennspiegel übertreffen den Tschirnhausischen in der Geschwindigkeit der Wirkung gar sehr.

Siebenter

Siebenter Abſchnitt.

Erfindungen in dem mathematiſchen Theile der Optik.

Ob ich es mir gleich zum Geſetze gemachet habe, bloß bey den phyſikaliſchen Entdeckungen in der Optik zu bleiben, und von den eigentlich mathematiſchen ſo wenig als möglich zu reden; ſo hängen doch die Materien ſo genau mit einander zuſammen, und bedürfen eine der andern Hülfe ſo oft, daß es unnatürlich ſeyn würde, eine gänzliche Abſonderung derſelben zu verſuchen, und insbeſondere die glücklichen Bemühungen derjenigen Mathematiker mit Stillſchweigen zu übergehen, die ſich um die Optik verdienet gemachet haben, wenn ihre Entdeckungen auch nicht eigentlich den phyſikaliſchen Theil dieſer Wiſſenſchaft betreffen. Einige aus geometriſchen Gründen hergeleitete, oder mit Hülfe der Algebra gefundene Sätze ſind ſchon gelegentlich angeführet worden. Gegenwärtig will ich von verſchiedenen andern mathematiſchen Entdeckungen, auf welche man bey Gelegenheit optiſcher Unterſuchungen gekommen iſt, einen allgemeinen Abriß ertheilen.

Diejenigen meiner Leſer, welche ſich noch ſo ſehr auf die bloße Phyſik einſchränken, werden mirs gewiß nicht übel nehmen, wenn ich ſo weit in das Gebiet der Geometrie hineingehe, daß ich von den Brennlinien (cauſticis) einige Nachricht ertheile; weil die Optik die erſte Idee derſelben veranlaſſet hat, und ſie auch mit meiner Materie ſo verwandt ſind, daß eine Geſchichte des Wachsthumes unſerer Kenntniſſe von Licht und Farben ohne ſie für mangelhaft müßte gehalten werden. Die Entdeckung dieſer krummen Linien gehöret dem wegen ſeiner Brennſpiegel ſo berühmten von Tſchirnhauſen. Einige Nachricht von den Brennlinien.

Daß Lichtſtrahlen, welche von einer hohlen Fläche zurückgeworfen werden, nach einem Punkte hin, dem ſo genannten Brennpunkte, zuſammenlaufen, iſt ganz bekannt. Denn dies beweiſt ſchon die Hitze, die daſelbſt gewöhnlich durch ſie hervorgebracht wird. Allein dieſer Punkt iſt nicht einfach, ſondern meiſtens nur der Raum, in welchem die zurückgeworfenen Strahlen am dichteſten ſich bey einander befinden. Es entſteht wirklich eine Art vom fortlaufenden Brennpunkte, den man auf eine leichte Weiſe ſichtbar machen kann. Wenn man einem cylindriſchen, inwendig ſtark polirten, Gefäße ein Licht nähert, ſo werden ſich auf dem Boden zwo helle krumme Linien zeigen, und zwar deſto deutlicher, je ſchiefer man das Licht gegen das Gefäß hält. Dieſe Linie iſt die Brennlinie der Strahlen, welche dieſe Fläche zurückwirft, und was man insbeſondere den Brennpunkt eines Hohlſpiegels nennt, iſt der Punkt, wo die beyden Zweige der Brennlinie zuſammenſtoßen, weil ſich um dieſen Punkt herum die Strahlen am häufigſten kreuzen.

Fig. 40.

Dieſes deutlich zu machen, ſey L ein leuchtender Punkt, von welchem die Strahlen LK, LF, LH, LI, u. ſ. w. ausfahren, die von der krummen Linie nach dem Geſetze der Zurückſtrahlung nach KO, FP, HQ, IR, u. ſ. w. zurückgeworfen werden. Es ſey noch eine andere krumme Linie OPQR gezogen, von der Beſchaffenheit, daß jeder der zurückgeworfenen Strahlen ſie berühre, ſo wird ſie der erſtern

krummen

krummen Linie Brennlinie durch die Zurückſtrahlung ſeyn. Jeden Punkt an ihr kann man als den Vereinigungspunkt zweener unendlich naher Strahlen anſehen. a) Eben ſolche Beſchaffenheit hat es auch mit den Brennlinien, die durch die Brechung der Strahlen entſtehen.

Von Tſchirnhauſen machete ſeine erſten Bemerkungen hierüber in den Schriften der franzöſiſchen Akademie vom Jahre 1682 bekannt, wo er eine Abzeichnung von der Brennlinie des Kreiſes durch parallele einfallende Strahlen lieferte. b) Einige Eigenſchaften dieſer krummen Linie entdeckete de la Hire, und fand zugleich in Tſchirnhauſens Vortrage Fehler. Darüber entſtand zwiſchen dieſen beyden Herren ein Streit, und Tſchirnhauſen erkannte ſeinen Irrthum nicht eher, als bis Bernoulli ihn deſſelben überführte.

Andere Geometern erweiterten Tſchirnhauſens Theorie ſogleich auf convergirende und divergirende, gebrochene und zurückgeworfene Strahlen. Am meiſten thaten ſich hierinnen die beyden berühmten Brüder, Jakob und Johann Bernoulli, hervor. c)

Bouguer von dem zweyfachen Bilde einer Sache.

Herr Bouguer, der wegen ſeiner Stärke in der Geometrie nicht weniger berühmt iſt, als wegen ſeiner Verdienſte um die Optik, wovon unten geredet werden wird, bemerkete, daß von erhabenen und hohlen Oberflächen zu gleicher Zeit zwo Brennlinien gemachet werden, daraus denn zwo verſchiedene Bilder des Gegenſtandes, die man durch die Zurückſtrahlung ſieht, entſtehen. Dieſe Bemerkung, ſaget er, iſt deſto wichtiger, da in gewiſſen Fällen beyde Bilder gleich deutlich ſind.

fig. 41. Einen Begriff von dieſer doppelten Brennlinie zu geben, ſey AIB die Oberfläche einer vollkommenen polirten Kugel. Alle die unendlich nahe an einander, in derſelben Ebene durch den leuchtenden Punkt L und den Mittelpunkt der Kugel C, bey D und d auffallenden Strahlen werden ſo zurück geworfen, als kämen ſie von G zwiſchen LC und D, her; aber diejenigen, welche den Strahlen LD, Ld zur Seite in einer andern Ebene AcB, als in c, auffallen, werden nicht ins Auge kommen, als wenn ſie von G, ſondern von einem andern Punkte E ausgiengen, wo die zurück geworfenen Strahlen die Achſe der Kugel, welche durch den leuchtenden Punkt L geht, ſchneiden. Denn es iſt ja der einfallende Strahl Le, nebſt ſeinem zurück geworfenen en in einer andern Ebene, als worinnen LD und Ld, nebſt ihren zurück geworfenen DM, dm ſich befinden, und dieſe beyden Ebenen ſchneiden ſich in CL. Man muß alſo wohl bemerken, daß es zwo unterſchiedene Vereinigungspunkte der zurückgeworfenen Strahlen giebt, nachdem die einfallenden entweder auf Punkte über-

a) Zum Beſten der Phyſiker, welche ſich mit den krummen Linien nicht abgeben, erinnere ich, daß der Durchſchnitt zweer Berührungslinien an einer krummen Linie deſto näher an die letztere fällt, je näher die Berührungspunkte an einander rücken. K.

b) Man ſehe auch Acta Erud. 1682. p. 364. die Eigenſchaft, welche daſelbſt fig. 2. der Brennlinie des Kreiſes von Tſchirnhauſen beygeleget wird, iſt die, darinnen er ſich geirret hat. Joh. Bernoulli hat den Fehler in den Lect. Hoſpitalianis lect. 27. gezeiget, T. hat ſeinen Irrthum in den Actis Erud. 1690. Febr. p. 71. erkannt. K.

c) Montucla, vol. 2. p. 346.

über- und unterhalb D oder zur Seite von D treffen. Der Punkt G iſt in der Brennlinie des Kreiſes AIBA. Wäre die Oeffnung unſers Auges eine enge verticale Spalte, ſo würden wir bloß die Strahlen bekommen, welche ſich in G vereinigen; und wäre es eine horizontale Spalte, ſo würde es bloß von den aus E herkommenden Strahlen gerührt werden. Weil aber die Oeffnung des Auges rund iſt, ſo entſtehen von beyden Punkten Bilder auf der Netzhaut. Sehen wir dem ungeachtet faſt immer nur ein Bild in dem Spiegel, ſo muß die Urſache davon ſeyn, daß unſere Augen nicht geſchickt ſind, kleine Gegenſtände in allen Entfernungen gleich deutlich zu ſehen, und daß nur eins der Bilder G oder E in der gehörigen Entfernung vom Auge iſt [d]).

Barrows Verdienſte.

Der erſte, der die Lehre von den Vereinigungspunkten ſphäriſcher Linſengläſer von jeder möglichen Figur vollſtändig abgehandelt hat, iſt Dr. Barrow. Dieſe hatte man ſonſt, einige wenige Fälle ausgenommen, durch die Erfahrung beſtimmet. Barrow beſtimmte ſie durch eine ſehr nette Formel, die auffallenden Strahlen mögen gleichlaufend, auseinander- oder zuſammenfahrende ſeyn. Er löſete auch manche andere optiſche Aufgaben durch Hülfe der Geometrie auf; die ich aber, weil ſie keine neue Eigenſchaft des Lichts und der Farben betreffen, meinem Plane gemäß, vorbeylaſſe [e]).

De la Hire über die Vervielfältigung der Bilder.

De la Hire beobachtete; daß ein heller Körper, der im Dunkeln durch ein ebenes und polirtes Glas betrachtet wird, oft vier- und mehrmals vervielfältigt erſcheinet, und dieſes mit deſto mehrerer Deutlichkeit, je ſchiefer das Glas gegen das Auge gehalten wird. Dieſe Nebenbilder erſcheinen bisweilen auf der einen, bisweilen auf der andern Seite des leuchtenden Körpers, und werden, je weiter von dieſem, deſto matter. Doch giebt es eine ſchiefe Lage des Glaſes, dabey der Gegenſtand nicht vielfach ſcheint, und einige Gläſer machen gar keine Vervielfältigung, ſie mögen ſo ſehr geneigt werden, als man will.

Sind die Seitenflächen des Glaſes vollkommen parallel, ſo, ſaget de la Hire, kann keine Vervielfältigung ſtatt finden; denn jeder ausfahrende Strahl iſt alsdenn ſeinem einfallenden parallel; und, woferne der Gegenſtand ſoweit entfernet iſt, daß man die auffallenden Strahlen für parallel annehmen kann, werden die Strahlen, ſie mögen innerhalb des Glaſes noch ſo oft zurückgeworfen werden, parallel unter einander ausfahren. Die 42 fig. erkläret dieſes von ſelbſt. fig. 42.

Sind aber die Seitenflächen gegen einander geneigt, wie ED und BD, ſo wird der Strahl CR, der im Glaſe zweymal zurückprellet, nach PO dergeſtalt ausfahren, daß er mit der Glasfläche einen größern Winkel machet, als es der Strahl BO thut, der im Glaſe nicht zurückgeworfen iſt; dieſe beyden Strahlen werden ſich alſo irgendwo, in O, ſchneiden, und ein Auge, das in dieſem Punkte ſich befindet, wird zwey Bilder von dem Gegenſtande C ſehen, eins in dem Strahle BO, welches am lebhafteſten iſt, und eins in dem Strahle PO, das ſchwächer iſt, und rechter Hand des Hauptbildes liegt. Strahlen, die noch öfterer innerhalb des Glaſes fig. 43.

zurück-

d) Traité d' Optique, p. 100.

e) Montucla, vol. 2. p. 597.

zurück geworfen werden, machen Bilder, die sich noch weiter von dem erstern entfernen, und immer matter werden, weil bey jeder Zurückwerfung Licht verlohren geht. Die Bilder liegen desto weiter von einander, je schiefer das Glas gegen das Auge gehalten wird. In dem Falle, wenn der Winkel der Glasflächen nach der Seite des Objects O hinliegt, beweist de la Hire, daß die Nebenbilder auf der andern Seite des Hauptbildes erscheinen werden.

Diese Untersuchungen wendet er auch auf den Fall an, da man den leuchtenden Körper vermittelst zurückgeworfenen Lichts sieht, und zeiget, daß mehrere Bilder entstehen werden, wenn die beyden Flächen des Glases gegen einander geneiget sind, und daß auch hier die matten Bilder nach derjenigen Seite zu liegen werden, nach welcher die Flächen des Glases sich neigen.

Mittel den Parallelismus der Flächen eines ebenen Glases zu erforschen.

Auch leitet er hieraus ein Mittel her, weit genauer, als es mit den besten Tasterzirkeln möglich ist, zu erforschen, ob die Flächen eines Glases einander parallel seyn oder nicht. Man nimmt im Dunkeln eine Kerze, im Hellen einen schwarzen Faden, und wenn in allen Lagen des Glases und des Auges gegen einander das Bild immer einfach bleibt, so kann man versichert seyn, daß die Flächen genau parallel sind; dagegen, wenn zwey oder mehr Bilder erscheinen, die Flächen gegen einander geneiget seyn müssen, woferne nur der Gegenstand so weit entfernet ist, daß die Strahlen, welche das Auge bekömmt, als parallel auffallende angesehen werden können *f*).

Weg des Lichtes durch die Luft.

Dieser vortreffliche Geometer gab sich viele Mühe zu beweisen, daß der Weg eines Lichtstrahles durch den Dunstkreis, den er wegen der Brechung nimmt, eine Cykloide sey, wenn man voraussetzet, daß sich die Dichte der Luft wie das Gewicht, welches sie zusammendrücket, verhalte. Berühret der einfallende Strahl die Atmosphäre, so ist, seiner Meynung nach, der Durchmesser des die Cykloide erzeugenden Kreises die Höhe des Dunstkreises selbst; dieser Durchmesser wird immer größer, je weniger schief die Strahlen auffallen, und unendlich groß, wenn der Strahl senkrecht ist, das heißt, die Cykloide verwandelt sich in die gerade Linie; welches mit der bekannten Erfahrung übereinstimmet, daß der senkrechte Strahl keine Brechung leidet. Hierbey nimmt er zwar an, daß die Oberfläche der Atmosphäre eben sey; weil sie aber krumm ist, so verwandelt sich, saget er, die Cykloide in eine Epicykloide. Diese Veränderung hat aber keinen Einfluß auf die Haupteigenschaften dieser Linien *g*).

Hermann hat indessen gezeiget, daß de la Hire sich geirret hat, weil die gedachte krumme Linie des Lichtstrahls ins Unendliche, neben einer Asymptote hin, fortläuft *h*); und Dr. Brook Taylor, in seiner Methodus incrementorum hat auch bewiesen, daß diese Linie eine von den verwickeltsten und schwersten sey, die man nur aufgeben könne *i*).

Zusätze

f) Mem. de l' acad. de Paris. 1699 p. 107.

g) Ibid. 1702. p. 71. und 254.

h) Acta Erud. 1706. p. 257.

i) Philos. transl. abr. vol. 6. p. 156.

Zusätze des Uebersetzers.

I.

Von den Brennlinien.

Die hieher gehörigen Aufsätze von Jacob Bernoulli sind, Lineae cycloidales, evolutae, ant-evolutae, causticae, anti-causticae, peri-causticae, earum usus, et simplex relatio ad se invicem, Acta Erud. 1692. Mai. p. 207. Opp. T. I. nr. 49. p. 491. und curvae dia-causticae, earum relatio ad Evolutas, etc. Acta Erud. 1693. Iun. p. 244. Opp. T. I. nr. 56. p. 549. und der mit der Aufschrift, invenire relationem inter evolutas et dia-causticas, Opp. T. II. p. 1077. In dem erstern betrachtet er vorzüglich die logarithmische Spirallinie, welche auf fünf verschiedene Arten sich selbst gleich und ähnlich hervorgebracht wird. Deswegen, saget er auch, möchte er sie sich zur Bildschrift auf sein Grabmahl wählen, mit der Legende, Eadem numero mutata resurget — Die Linien, welche der zweyte und dritte Aufsatz betrachtet, sind die Brennlinien, welche durch die Brechung entstehen.

Eine weitläuftige algebraische Rechnung über die Brennlinien von Johann Bernoulli findet man in den Act. Erud. 1692. Ian. p. 30. Opp. T. I. p. 52. Sie ist überschrieben: Solutio curvae causticae, per vulgarem Geometriam Cartesianam. Mit Hülfe der Differentialbrechung untersuchet er sie bequemer in den 1691 und 1692 geschriebenen Lection. Hospitalianis, die catacausticas, lect. 26. — 32. die diacausticas, lect. 56 — 59. Opp. T. III. Sie sind, so wie diese Vorlesungen überhaupt, denjenigen, welche die nicht so gar schweren Gründe der Differentialrechnung besitzen, sehr zu empfehlen. Wegen der harmonischen Eigenschaften der Brennlinien, der Evoluten und der Cykloiden, gehören die Untersuchungen über die Brennlinien unter die angenehmsten der höhern Geometrie. Der Geometer kann des Vergnügens an ihrer Beschauung nicht satt werden, unterdessen, daß der theoretische Physiker, dem er sie weggenommen hat, bey der Erforschung der Natur des Lichts voll Unmuth wird, daß die Natur ihn nicht in ihre Geheimnisse so tief dringen lassen will, als er es gerne wollte.

Lehrreich sind die Untersuchungen, welche Hr Kästner in dem Lehrbegriffe der Optik, S. 217 — 234 hierüber anstellet — Montucla rühmet auch eine Abhandlung von Carré in den Pariser Memoires 1703 als vollständig und nett geschrieben.

II.

Anmerkung über das zweyfache Bild, durch eine krumme Oberfläche gemachet.

Dieſe Unterſuchung hat Newton in ſeinen optiſchen Vorleſungen für ſehr ſchwer, wo nicht für eine gar nicht auszumachende, erkläret. Es iſt alſo wohl von mir eine Vewegenheit, daß ich etwas zu deren Entſcheidung beybringen will, wie ich denn auch, ſo oft ich dieſe Sache vorgenommen, meine vorigen Gedanken wieder verworfen habe. Etwas habe ich darüber gelegentlich in einer Abhandlung in dem zweyten Theile der deutſchen Schriften der Göttingiſchen Geſellſchaft der Wiſſenſchaften angeführet, das vielleicht noch nicht hinreichend iſt. Jetzt iſt folgendes das, was mir am meiſten Genüge thut.

So lange als man nur zween Strahlen betrachtet, die ins Auge kommen, iſt es unmöglich zu entſcheiden, ob das Bild des Punktes L (fig. 41) in G oder in E liege. Aber man ſuche den Punkt, um welchen die Durchſchnitte aller Strahlen, die auf den Stern des Auges treffen, nahe bey einander ſind, als welcher unſtreitig den Ort des Bildes enthalten wird. Diejenigen dieſer Strahlen, welche in derſelben Ebene der Zurückwerfung liegen, kommen in einem kleinen Flächenraume, um einen Punkt, wie G, nahe zuſammen; und da in jeder der Zurückſtrahlungsebenen durchs Auge, ein ſolcher kleiner Vereinigungsraum iſt, ſo entſteht dadurch ein körperlicher Raum, in welchem die Durchſchnitte aller ins Auge fallender Strahlen beyſammen ſind. Der Mittelpunkt dieſes Raums iſt wohl in der Zurückwerfungsebene durch den Mittelpunkt des Sterns, und zwar in einem Punkte, wie G, zu ſuchen. Iſt dieſer körperliche Vereinigungsraum ſo klein, daß ſein Durchmeſſer dem Auge unempfindlich iſt, ſo ſieht das Auge deutlich. Es iſt alsdenn ſo gut, als wenn alle Strahlen von einem Punkte wie G in der Ebene durch den Mittelpunkt des Sterns kommen. Dieſer enthält daher unſtreitig das Bild des Gegenſtandes. Der Punkt E enthält nur die Durchſchnitte der Strahlen, die in einer gewiſſen und derſelben Entfernung A D von A auffallen.

Wenn die Punkte, wie G, in den Zurückwerfungsebenen durch beyde Augen, unmerklich wenig von einander liegen, ſo ſehen beyde Augen gewiß nur ein Bild. Iſt dieſes nicht, ſo ſcheint es, daß jedes Auge ein beſonders Bild, wie G, ſehen müßte. Allein vermuthlich ſieht man in einem ſolchen Falle nur mit einem Auge, wenn man nicht gar in jedem etwas ungewöhnlichen Falle, wie bey der Betrachtung eines Bildes durch einen krummen Spiegel, nur ein Auge brauchet.

Auf eben dieſe Art könnte man auch eine ähnliche Schwierigkeit wegen des zweyfachen Bildes bey gebrochenen Strahlen erklären.

III.

Einige dioptrische Formeln.

In eine Geschichte der Optik gehören, meiner Meynung nach, auch die wichtigsten dioptrischen Formeln, ohne welche man, ich will nicht sagen, die Einrichtung der optischen Werkzeuge, sondern nur manche physikalische Untersuchungen, nicht verstehen kann. Ich führe deswegen ein paar solcher Formeln, die in dieser Periode gefunden sind, hier historisch an.

Es sey das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas, 1 : m; das Linsenglas auf beyden Seiten erhaben, und der Halbmesser der Vorderfläche r, der Hinterfläche ϱ; die Brennweite oder die Entfernung des Vereinigungspunktes paralleler Strahlen, f, so ist $f = \frac{mr\varrho}{(1-m)(r+\varrho)}$. Die Entfernung eines leuchtenden Punktes in der Axe vom Glase sey a; die Entfernung des Vereinigungspunktes der von ihm auf das Glas fallenden Strahlen hinter dem Glase F, so ist $F = \frac{af}{a-f}$. Wenn eine der Flächen des Glases hohl ist, so wird ihr Halbmesser negativ; und wenn die Strahlen nach einem Punkte hinter dem Glase zufahren, so ist die Entfernung desselben durch ein negatives a zu bezeichnen, so wie auch, wenn einer der beyden Ausdrücke negativ ist, eine entgegengesetzte Lage der Weiten f, F, bedeutet wird.

Der Halbmesser des Gegenstandes, den man als einen senkrechten auf die Axe des Glases durch seinen Mittelpunkt stehenden Kreis betrachten kann, sey z, so ist des Bildes Halbmesser $= \frac{F}{a} z$. Wenn man dieses Bild wieder wie einen Gegenstand für ein zweytes Glas betrachtet, und so immer fortfährt, so kann man den Ort und die Größe des letzten Bildes leicht bestimmen. Verfolget man den Weg des Hauptstrahls, der von einem der äußersten Punkte des Gegenstandes herkömmt, das ist, der durch die Mitte des ersten Glases geht, so hat man den Ort des Auges hinter dem letzten Glase; und, wenn man berechnet, wie sehr dieser Hauptstrahl gegen die Axe geneiget seyn dürfe, ohne auf einem Glase einen Bogen über 30 Grade aufs allerhöchste abzuschneiden, so hat man die Größe des Gesichtsfeldes. Berechnet man den Winkel dieses Hauptstrahls mit der Axe in dem Orte des Auges, so hat man den Winkel, unter welchem der Halbmesser des Gegenstandes durch die Gläser erscheint: und aus der Vergleichung dieses Winkels mit dem, unter welchem er dem bloßen Auge sich darstellet, wenn es ein entfernter

Gegenstand ist, oder mit dem, unter welchem er in einer gewissen Weite, als etwa 8 Zoll erscheint, bey Mikroskopen, erhält man die **Vergrößerung** des Gegenstandes durch das Werkzeug. Die **Helligkeit** verhält sich, bey sonst gleichen Umständen, directe wie die Oeffnung des Objectivglases, und verkehrt wie die Größe des letzten Bildes.

Die Theorie der optischen Fernröhre würde sehr leicht seyn, wenn zu diesen Stücken nicht die schlimme Berechnung der Abweichungen wegen der Gestalt des Glases und wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen käme. Die daher entstehende **Undeutlichkeit** so viel als möglich zu heben, ist das, woran man jetzt so sehr künstelt, ohne doch bisher der Praxis sichere und leicht zu befolgende Regeln gegeben zu haben.

Fünfte Periode

Sir Isaak Newtons Entdeckungen.

Unter allen Entdeckungen in der Lehre vom Lichte und von Farben sind keine bey weitem nicht so glänzend, als diejenigen, dadurch Sir Isaak Newton der ganzen Optik eine neue Gestalt gab. Diese sind vielleicht selbst unter allen seinen eigenen Erfindungen in dem ganzen Umfange der Naturlehre die herrlichsten, da selbst seine Principia nicht mit mehr Bewunderung und Beyfall gelesen sind, als seine Optik. Freylich vermehrete den Glanz dieser Entdeckungen selbst der Gegenstand. Denn was kann die Aufmerksamkeit der Menschen mehr reizen, als das Licht, oder die Eigenschaften desjenigen Mittels, das uns die ganze Schönheit und Herrlichkeit der Schöpfung entfaltet? Nach Platons Meynung ist, in die Geheimnisse des Lichts dringen zu wollen, so viel als die Vorrechte der Gottheit antasten.

Was uns auf diese Entdeckungen noch aufmerksamer machen muß, ist, daß sie von einem Manne, dem man wegen seiner tiefen Einsicht und mancherley Verbesserungen in so vielen Theilen der Mathematik und Physik den ersten Rang allgemein zugesteht, gemachet worden; und zwar in den frühern Jahren seines Lebens, da sein Scharfsinn am durchdringendsten, und jeder seiner Geisteskräfte ihrer größten Anstrengung fähig war. Ich befürchte keinen Widerspruch von irgend einem, der mit der Geschichte der Physik bekannt ist, wenn ich hinzufüge, daß sich kein Beyspiel einer physikalischen Untersuchung finde, dabey man mit größerer Vorsicht sich betragen, oder die Mathematik vortheilhafter und geschickter genutzet hätte.

So glücklich war der Erfolg der Newtonischen Untersuchungen, und die Resultate derselben so außerordentlich und wundervoll, daß dem Erfinder selbst die wichtigste seiner optischen Entdeckungen noch sehr sonderbar vorkam, und zwar sieben oder acht Jahre, nachdem er sie gemachet hatte, um die Zeit, da er der Königl. Gesellschaft die erste Nachricht davon ertheilete. Man sieht dies aus einer Stelle eines Briefes von Newton an den Secretair der Gesellschaft, Oldenburg, vom 18 Jan. 1672, die ich, weil ich vermuthlich dem Leser damit einen Gefallen thun werde, hier wörtlich einrücke. Newton machet seine Entdeckungen von den Farben bekannt.

„Ich bitte Sie, in Ihrem nächsten Briefe, mich zu benachrichtigen, wie lange die wöchentlichen Zusammenkünfte der Gesellschaft dauern werden. Denn wenn „sie dieselben noch einige Zeit fortsetzen wird, so bin ich willens, ihr eine Nachricht „von einer physikalischen Entdeckung, die mich zu der Verfertigung des besagten „Teleskops veranlasset hat, zur Untersuchung und Beurtheilung vorzulegen. Ich „zweifle nicht, daß diese Entdeckung der Gesellschaft weit angenehmer, als selbst jenes „Instrument seyn werde, weil sie, meiner Meynung nach, die sonderbarste, wo

nicht

„nicht wichtigste Entdeckung ist, die man bisher von den Wirkungen der Natur „gemachet hat [a]).

Wollte man dieses auch einem so großen Manne zur Eitelkeit auslegen, so ist es doch die Sprache der Natur, und gewiß sehr zu entschuldigen. Wie oft sieht man Leute wegen sehr geringfügiger Entdeckungen sich ein Ansehen von größter Wichtigkeit geben, und wie gerne erträgt man solchen Stolz, wenn dabey der Wahrheit und den Wissenschaften nur der geringste Vortheil zuwächst.

Vor Newtons Zeiten findet man gar keine erträgliche Hypothese von der Natur der Farben, keine, die unter den Naturkündigern nur etwas in Gang gekommen wäre. Selbst die Widersacher des Newtonianischen Systems wußten kein anderes entgegen zu setzen, das ihnen selbst nur leidlich gefallen hätte. Alles war bis dahin flüchtige Muthmaaßungen gewesen, die keinen Schatten von Wahrscheinlichkeit, nicht den geringsten Grund in der Erfahrung, gehabt hatten. Wie angenehm ist es also, daß wir endlich an die Entdeckung einer Theorie des Lichts und der Farben kommen, die bey ihrer innern Schönheit so viel unerwartetes enthält, und sich auf die kläresten und entscheidendsten Erfahrungen gründet. Diese Theorie mit ihren Gründen will ich nun dem Leser vorzutragen mich anschicken; und dabey den Anfang mit des Erfinders eigener Nachricht, wie er sie zuerst der Gesellschaft mitgetheilet hat, machen; weil man auf solche Art den natürlichen Fortgang seiner Ideen, während des Verfolges seiner Untersuchung, gewissermaßen wird übersehen können.

Erster Abschnitt.

Von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen.

Newtons erster Versuch mit dem Prisma.

In dem Jahre 1666, da Newton sich mit Schleifung optischer Gläser beschäfftigte, schaffete er sich ein gläsernes dreyeckigtes Prisma an, um die berühmten Erscheinungen der Farben näher zu untersuchen. Er lies zu dem Ende in ein verfinstertes Zimmer, durch ein kleines Loch in dem Fensterladen, einen Sonnenstrahl fallen, und stellete sein Prisma vor dieser Oeffnung so, daß der Strahl nach der gegenüber stehenden Wand hingebrochen wurde. Die lebhaften und brennenden Farben, welche das Prisma unter diesen Umständen hervorbrachte, belustigten zuerst unsern Naturforscher nicht wenig; allein da er das Bild genauer betrachtete, so wunderte er sich weit mehr über die länglichte Gestalt desselben, die nach den angenommenen Gesetzen der Brechung kreisrund hätte seyn müssen. Denn weil Grimaldis Buch erst in demselben Jahre herausgekommen war, so war ihm unbekannt, daß dieselbe Beobachtung schon vor ihm gemachet worden wäre. Die Seitenlinien dieses länglichten Bildes waren gerade, allein an den Enden verlohr das Licht sich so allmählig, daß er die Figur derselben nicht recht wohl bestimmen konnte, wie wohl sie ihm doch ein Halbkreis zu seyn schien.

Die

a) Birch's history. vol. 3 p. 5.

Die Länge dieſes farbichten Bildes fand er etwa fünfmal größer als die Breite, und dieſe große Ungleichheit machete ihn außerordentlich neugierig, die Urſache davon zu entdecken. Es kam ihm nicht glaublich vor, daß ein Unterſchied in der Dicke oder der Beſchaffenheit des Glaſes, oder die Nachbarſchaft des Schattens und der Dunkelheit auf das Licht einen ſolchen Einfluß haben könnte, daß dadurch eine ſolche Wirkung entſtünde. Ohne inzwiſchen hierüber aus der Theorie etwas feſtzuſeßen, machete er ſich an die Unterſuchung der hierbey vorkommenden Umſtände; und beobachtete insbeſondere, was ſich ereignete, wenn das Licht durch Theile des Glaſes von verſchiedener Dicke gieng; oder wenn die Oeffnung in dem Fenſterladen eine andere Größe bekam; oder wenn das Prisma außerhalb des Ladens geſtellet ward.

Seine Bemühungen, die Urſachen der prismatiſchen Farben zu entdecken.

Darauf vermuthete er, es möchten die Farben vielleicht von einer Zerſtreuung der Lichtſtrahlen durch Ungleichheiten im Glaſe oder andere zufällige unregelmäßige Umſtände herrühren. Zur Probe nahm er ein zweytes, dem erſten gleiches Prisma, und ſtellete es ſo, daß das Licht bey ſeinem Durchgange durch beyde, nach entgegengeſeßten Seiten gebrochen, und alſo von dem zweyten wieder in den Weg gebracht wurde, von welchem es in dem erſten war abgelenket worden. Nun, dachte er, würden die regelmäßigen Wirkungen beyder Prismen ſich einander aufheben; die unregelmäßigen aber durch die Vermehrung der Brechungen noch vergrößert werden. Der Erfolg war, daß das Licht, welches durch das erſte Prisma in ein länglicht Bild ausgebreitet worden war, durch das zweyte wieder in ein kreisrundes ſo ordentlich wieder zuſammengebracht wurde, als wenn es gar keine Brechung erlitten hätte.

Damit man ſich dieſen Verſuch deutlicher vorſtellen möge, ſey EG der Fenſterladen, F die kleine Oeffnung in demſelben, ABC, das Prisma, welches das Licht nach PT hinbricht, daß daſelbſt ein länglichtes Bild entſteht *b*). Kömmt das zweyte Prisma abg hinzu, ſo wird das Licht nach Q hingebrochen, und das Bild daſelbſt iſt rund. Uebrigens gab Newton bey dieſem Verſuche wohl Acht, daß die Seite ag mit BC, und bg mit AC, genau parallel waren, damit die Brechungen der Strahlen in beyden Prismen zwar entgegengeſeßet, aber doch gleich groß ſeyn möchten. Auch bemerkete er, daß die Prismen ſehr nahe bey einander geſtellet werden müßten; denn ſobald ſie ſoweit von einander entfernet waren, daß ſich an dem Lichte, ehe es das zweyte Prisma erreichete, Farben zeigeten, ſo wurden dieſe Farben durch daſſelbe nicht vernichtet. fig. 44. fig. 45.

Darauf gieng er an die genauere Unterſuchung des Umſtandes, daß die Strahlen von verſchiedenen Punkten der Sonnenſcheibe verſchiedene Neigung gegen das Prisma

b) Die kenntlichſten Farben dieſes Bildes folgten vom unterſten Ende T bis zum Oberſten P in dieſer Ordnung, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violet, mit allen ihren dazwiſchen fallenden Schattirungen auf einander, die Strahlen, welche nach dem rothen Ende zuliefen, wurden am wenigſten, die nach dem violetnen Ende, am meiſten gebrochen. A.

Prisma haben, und maaß zu dem Ende alle bey dem Versuche vorkommenden Linien und Winkel. Die Entfernung des Bildes von dem Laden oder dem Prisma war 22 Fuß, die größte Länge $13\frac{1}{4}$ Zoll, die Breite $2\frac{5}{8}$, und der Durchmesser der Oeffnung $\frac{1}{4}$ Zoll. Der Winkel, welchen die Strahlen, die nach der Mitte des Bildes zuliefen, mit den Linien machten, nach welchen sie ohne Brechung gegangen seyn würden, war 44° 56′, und der brechende Winkel des Prisma C war 63° 12′. Die auffallenden und ausfahrenden Strahlen waren, so genau er es erhalten konnte, gegen die Seitenflächen des Prisma gleich viel geneiget, und die letztern fielen senkrecht auf die Wand. Nach Abzug des Durchmessers der Oeffnung blieb das Bild, welches zwischen den Strahlen durch den Mittelpunkt dieser Oeffnung begriffen war, 13 Zoll lang, und $2\frac{3}{8}$ Zoll breit, daß demnach die Breite an der Oeffnung einen Winkel von etwa 31 Min. so viel als den Durchmesser der Sonne; hingegen die Länge einen mehr als fünfmal größern Winkel, nemlich 2° 49′ fassete.

Aus diesen Beobachtungen berechnete er zuerst die brechende Kraft seines gläsernen Prisma, und fand das Verhältniß des Einfalls- und Brechungssinus, wie 31 zu 20; berechnete hieraus die Brechungen zweener Strahlen, die von entgegengesetzten Punkten des Sonnenrandes kamen, so daß ihre Neigungswinkel um 31 Min. unterschieden waren, und fand, daß die ausfahrenden Strahlen ohngefähr denselben Winkel mit einander hätten machen sollen.

Weil aber diese Berechnung auf dem unveränderlich angenommenen Verhältnisse der Einfalls- und Brechungssinus sich gründete (wiewohl er sich, seinen eigenen Erfahrungen gemäß, den Fehler dabey nicht so groß vorstellen konnte, daß ein Winkel von 31 Min. statt eines von 2° 49′ herauskäme), so nahm er sein Prisma nochmal zur Hand; brachte es in die vorige Stellung, und bemerkete, daß wenn er es ein wenig um seine Axe drehete, so daß die Neigung der Seitenfläche gegen das Licht nicht über 4 bis 5 Gr. sich änderte, das farbichte Bild an der Wand von seiner Stelle nicht merklich wegrückte, und folglich die Brechung ohngefähr gleich groß blieb. Durch diesen Versuch sowohl als durch die vorige Rechnung sah er augenscheinlich ein, daß der Unterschied in der Neigung der auffallenden Strahlen, welche von verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe herkommen, keine Ursache seyn könnte, warum die ausfahrenden Strahlen statt eines Winkels von etwa 31 bis 32 Min. einen von 2° 49′ mit einander machten.

Nun kam er auf den Gedanken, daß die Strahlen, nach dem Durchgange durchs Prisma, vielleicht krumme Linien beschreiben, und nach dem verschiedenen Maaße der Krümmung ihres Weges, nach verschiedenen Punkten der Wand zugehen möchten. Hierinn ward er dadurch bestärket, daß er sich erinnerte, beym Ballspiele den Ball, nach einem schiefen Schlage, eine solche krumme Linie beschrieben gesehen zu haben. Denn indem der Ball durch einen solchen Schlag sowohl eine drehende als fortgehende Bewegung bekömmt, so, saget er, werden seine Theile an derjenigen Seite, wo beyde Bewegungen zusammentreffen, die daran stoßende Luft stärker drücken und schlagen, als an der andern, und werden dadurch eine stärkere

Zurück-

Zurückwirkung der Luft verurſachen c). Er ſchloß alſo, wenn die Lichtſtrahlen aus Kügelchen beſtünden, nnd dieſe bey dem ſchiefen Durchgange aus einem Mittel in ein anderes eine drehende Bewegung bekämen, ſo müßten ſie von dem ſie umgebenden Aether an derjenigen Seite, wo die Bewegungen zuſammenträfen, einen größern Widerſtand leiden, und immerhin nach der andern Seite gelenket werden. So ſcheinbar dieſer Grund auch ſeyn mochte, ſo konnte er doch, bey näherer Unterſuchung keine ſolche Krümmung entdecken; vielmehr bemerkete er, und dies war ſchon genug, daß der Unterſchied zwiſchen der Länge des Bildes und dem Durchmeſſer der Oeffnung im Laden, der Entfernung beyder von einander proportional war.

Hauptverſuch, der die Wahrheit entdecket.

Indem er alſo dieſen Vermuthungen allmählig entſagete, kam er zuletzt auf den Verſuch, den er mit Recht das experimentum crucis nennt, durch welchen die große Entdeckung vollendet wurde. Er nahm zwey Bretter, und ſtellete das eine gleich hinter das Prisma am Fenſter, ſo daß das Licht durch ein Loch in dieſem Brette gehen, und auf das zweyte, etwa 12 Fuß von dem erſtern entfernten Brett fallen mußte, welches ebenfalls ein Loch hatte, einen Theil des auffallenden Lichts durchzulaſſen. Hinter dieſes Brett ſtellete er ein zweytes Prisma, welches das durch beyde Bretter durchgelaſſene Licht zum zweytenmale brach, ehe es die Wand erreichen konnte. Darauf nahm er das erſte Prisma, drehete es um ſeine Axe, ſo daß jeder Theil des auf dem zweyten Brette entworfenen Bildes, einer nach dem andern auf das Loch fiel; um zu ſehen, nach welchen Stellen an der Wand die zu dieſen Theilen gehörigen Strahlen hingebrochen würden. Aus der Veränderung dieſer Stellen ſah er, daß die Strahlen, die nach demjenigen Ende des Bildes hinliefen, nach welchem die Brechung durch das erſte Prisma hingeſchah, in dem zweyten Prisma eine beträchtlich ſtärkere Brechung litten, als die, welche nach dem andern Ende zuliefen. Alſo ergab ſich, daß die wahre Urſache der Länge des Bildes keine andere iſt, als daß die Lichſtrahlen nicht von gleicher Beſchaffenheit, ſondern einige mehr als die andern brechbar ſind; ſo daß bey gleichem Einfallswinkel auf daſſelbe Mittel einige ſtärker als andere werden gebrochen werden. Darum werden ſie auch, nach Maaßgabe ihrer verſchiedenen Brechbarkeit durch das Prisma nach verſchiedenen Stellen der Wand hingebrochen d).

Daß die Strahlen ungleichartig ſind.

Zur Erläuterung dieſes Hauptverſuches ſey SF ein Sonnenſtrahl, der durch das Loch F in dem Laden geht, und von dem Prisma ABC aufgefangen wird. Gleich hinter dem Prisma iſt das Brett DE befindlich, darinnen das Loch G, welches einige von dem durch das Prisma zertheileten Strahlen durchgehen läßt. Ferner iſt de das andere Brett in einer beträchtlichen Entfernung von dem erſtern, mit einem Loche in g, darauf ein Theil des von dem erſtern Brette durchgelaſſenen Lichts fällt. Hinter dieſem Brette befindet ſich das zweyte Prisma abc, welches die verſchiedenen fig. 46.

c) Hierinn ſcheint ſich doch Newton geirrt zu haben.

d) Philoſ. tranſ. abr. vol. 1. p. 128 (Newtoni Opt. L. 1. P. 1. pr. 2. exp. 6. p. 35. nach der latein. Londner Ausgabe von 1706. 4. die ich hier und im folgenden citirt habe. B.

ſchiedenen Lichtſtrahlen, die darauf an derſelben Stelle, genau unter einerley Winkeln fallen, einige nach höhern, andere nach niedrigern Stellen an der Wand MN hinbricht.

Newtons Vorſichtigkeit bey dieſen Verſuchen.

Damit man ſich von der äußerſten Vorſichtigkeit unſers Naturforſchers ſowohl bey der Stellung der Prismen, als auch bey den andern Umſtänden der vorigen und noch folgenden Verſuche einen Begriff machen möge, ſo will ich einiges darüber, wie er es ſelbſt in ſeiner Optik beſchreibt, zum Beyſpiel anführen. Die Axe ſeiner Prismen war immer ſenkrecht auf die einfallenden Strahlen. Um dieſe Axe drehete er das Prisma langſam herum, ſo daß das farbichte Bild der Sonne an der Wand erſt ſich ſenkte, und darauf wieder erhob. Zwiſchen dieſen beyden entgegengeſetzten Bewegungen, da das Bild wie unbeweglich blieb, befeſtigte er das Prisma, daß es ſich nicht weiter drehen durfte. In dieſer Lage ſind nämlich die Brechungen des Lichts auf beyden Seiten gleich. Alsdenn ließ er das gebrochene Licht ſenkrecht auf einen Bogen weißes Papier an der gegen über ſtehenden Wand des Zimmers fallen. Ward das Prisma um ſeine Axe ein wenig dergeſtalt gedrehet, daß die ausfahrenden Strahlen gegen die Seitenfläche des Prisma mehr geneiget waren, ſo ward das Bild ſehr bald einen bis zween Zoll länger; ward es aber gegenſeitig gedrehet, daß die auffallenden Strahlen gegen die erſte brechende Fläche mehr geneiget wurden, ſo ward das Bild bald einen bis zween Zolle kürzer.

Das erſte von ihm gebrauchete Prisma hatte einige von einem Ende zum andern hinlaufende Adern, welche etwas Licht unordentlich verſtreueten, ohne doch die Länge des Bildes merklich zu vergrößern. Denn der Erfolg war derſelbe, da er eben den Verſuch mit andern Prismen, und beſonders mit einem, das ganz frey von abrichten Streifen ſchien, machete. Durch dieſes Prisma, deſſen brechender Winkel $62\frac{1}{2}$ Grad war, ward das Bild $9\frac{3}{4}$ bis 10 Zoll, in der Entfernung von $18\frac{1}{2}$ Fuß von dem Prisma lang. Das Loch in dem Fenſterladen war $\frac{1}{4}$ Zoll breit, wie vorher. Weil bey der Stellung des Prisma leicht ein Fehler vorgehen konnte, ſo wiederholte er denſelben Verſuch vier- bis fünfmal, und fand das Bild immer gleich lang.

Durch ein anderes Prisma von hellerm Glaſe, das beſſer polirt war, und von Adern frey zu ſeyn ſchien, war, bey einem brechenden Winkel von $63\frac{1}{2}$ Grad, in der obigen Entfernung, das Bild ungefähr 10 bis $20\frac{1}{2}$ Zoll lang. Ueber dieſe Gränze etwa $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Zoll an beyden Enden des Bildes, ſchien das von den Wolken herkommende Licht roth und violet gefärbet zu ſeyn, wiewohl ſo matt, daß er muthmaaßete, es möchte dieſes gefärbete Licht wohl von einigen unordentlich zerſtreueten Strahlen des Bildes herkommen, und deswegen rechnete er es nicht mit zum Bilde.

Weder die verſchiedene Weite der Oeffnung in dem Feſterladen, noch die verſchiedene Dicke des Prisma an den Stellen, wo das Licht durchgieng, noch die verſchiedene Neigung des Prisma gegen die Horizontfläche hatten einen merklichen Einfluß auf die Länge des Bildes. Dieſes blieb noch in die Länge gedehnet, wenn das Prisma aus einer andern Materie beſtand. Denn mit einem hohlen gläſernen und

mit

Waſſer gefüllten Prisma blieb der Erfolg in Verhältniß der Brechung einerley e).

So entſcheidend auch die angeführten Verſuche für die berühmte Hypotheſe von der verſchiedenen Brechbarkeit der Lichtſtrahlen ſind, ſo wird es doch dem Leſer ohne Zweifel angenehm ſeyn, noch einige der vornehmſten in der Folge angeſtelleten Verſuche kennen zu lernen, die unſer Verfaſſer in ſeiner Optik, zur fernern Beſtätigung ſeiner Theorie bekannt machete.

In den Sonnenſtrahl, der durch ein Loch im Fenſterladen ins Zimmer fiel, hielt er, einige Fuß von dem Loche, mit derſelben Vorſicht, wie vorher das Prisma, und ſahe dadurch nach dem Loche hin, worauf er es viel länger als breit zu ſeyn befand. Der am meiſten gebrochene Theil des Bildes war violet, der am wenigſten gebrochene roth, die mittlern Theile grün, blau, gelb, in der genannten Ordnung. Eben ſo erſchien das Bild, wenn er das Prisma außerhalb des Sonnenſtrahls hielt, und das Loch vermittelſt des von den Wolken herkommenden Lichts betrachtete f). Umgekehrter Verſuch.

Wenn das Bild der Sonne, ſchloß er, durch eine Ausbreitung eines jeden Strahls, oder durch eine andere zufällige Ungleichheit der Brechungen, ſo ſehr in die Länge gedehnet werden ſollte, ſo müßte es durch eine ſeitwärts veranſtaltete Brechung eben ſo ſehr in die Breite ausgedehnet werden. Er ſtellete alſo ein zweytes Prisma gleich hinter das erſtere aufrecht, ſo daß es das Licht, welches von dem erſten Prisma aufwärts gebrochen wurde, ſeitwärts lenkete. Allein dem ohngeachtet ward die Breite des Bildes durch die zweyte Brechung nicht geändert, ſondern der obere Theil, der durch das erſte Prisma am ſtärkſten gebrochen, und violet und blau gefärbet war, ward durch das zweyte Prisma wiederum am meiſten zur Seite hingebrochen, und der untere Theil, der roth und gelb war, weniger. Es ſey S die Sonne, F das Loch im Fenſterladen, A B C das erſte Prisma, D H das zweyte, Y das runde Bild der Sonne ohne die Brechung durch die Prismen, P T das länglichte Bild durch das erſte Prisma allein, ſo iſt p t das Bild durch die Querbrechung beyder zugleich g). Verſuche mit zwey Prismen. fig. 47.

Bisweilen ſtellete er noch ein drittes Prisma hinter das zweyte, und dahinter noch wohl ein viertes, durch welche alle das Bild mehrmals ſeitwärts gebrochen ward. Allein die Strahlen, welche durch das erſte Prisma am ſtärkſten gebrochen wurden, litten auch in den andern die ſtärkſte Brechung, ohne daß die Breite des Bildes vergrößert ward. Dieſe Strahlen nennt er daher, weil ſie auf eine unveränderliche Weiſe immmer am ſtärkſten gebrochen werden, die am meiſten brechbaren. und mehrern hinter einander.

Den Beweis aus dieſem Verſuche noch einleuchtender zu machen, ſaget unſer Verfaſſer, muß man bemerken, daß alle Strahlen von einerley Brechbarkeit ein kreisrundes Bild, der Sonnenſcheibe gemäß, machen werden. Es ſey demnach A G das kreisrunde Bild, welches von den am meiſten brechbaren Strahlen, die fig. 48.

e) Newtoni Optices, L. I. P. 1. pr. 2. p. 22.
f) Ibid. p. 26.
g) Ibid. p. 27.

jedem Punkte der Sonne herkommen, auf der gegen über liegenden Wand entſtehen würde, wenn ſie nur allein vorhanden wären. Gleichfalls ſey EL das Bild, welches ſolchergeſtalt von den am wenigſten brechbaren Strahlen würde entworfen werden, und BH, oder CI, oder DK, ſeyn die Bilder, welche von den Strahlen einer Mittelgattung, nach Ausſchließung aller übrigen, gemachet werden würden. Außer dieſen ſtelle man ſich noch unzählig viele mittlere Kreiſe vor, welche von unzählig vielen Mittelgattungen von Strahlen entſtehen würden, wenn ſie von der Sonne eine nach der andern beſonders herkämen. Da aber die Sonne alle dieſe Gattungen von Strahlen zugleich herſendet, ſo werden ſie alle vereinet eine unendliche Menge von kreisrunden Bildern entwerfen, die ſich nach den verſchiedenen Graden der Brechbarkeit neben einander ordnen, und zuſammen das oben beſchriebene länglichte Bild der Sonne ausmachen.

Würde nun das runde Sonnenbild Y, das von den ungebrochenen Strahlen gemachet wird, durch irgend eine Ausdehnung der Strahlen, oder ſonſt durch eine unregelmäßige Brechung in dem erſten Prisma, in das länglichte Bild PT verwandelt, ſo müßte jeder Kreis dieſes Bildes durch das zweyte Prisma gleichmäßig eine ähnliche länglichte Figur bekommen, welches der Erfahrung zuwider iſt. Jeder Kreis des Bildes PT wird durch das zweyte Prisma unverändert nach dem Bilde pt, einer mehr, der andere weniger, nach der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen hingebrochen.

Wenn in die Oeffnung des Ladens ein Linſenglas geſtellet ward, ſo fiel der Halbſchatten, der ſonſt um das Bild Y, und an den Seiten der Bilder PT, pt zu ſehen war, weg.

Er ſtellete bey dieſem Verſuche auch das zweyte Prisma nicht gleich hinter das erſte, ſondern etwa in die Mitte zwiſchen daſſelbe und die Wand. Der Erfolg war wie vorher, daß das Bild von dem zweyten Prisma gegen das erſte geneiget war, und daß die blauen Enden ſich weiter von einander entfernten, als die rothen; folglich litten die Strahlen, welche in dem erſten Prisma am ſtärkſten gebrochen waren, auch durch das zweyte die ſtärkſte Brechung [h]).

Verſuche mit Prismen neben einander.

Er machete in den Laden zwo Oeffnungen nahe über einander, ſtellete vor jeder ein Prisma, welche auf der gegenüberſtehenden Wand zwey länglichte farbichte Bilder der Sonne entwerfen mußten. Nahe vor der Wand ſtellete er einen langen ſchmalen Streifen Papier, mit geraden und parallelen Seitenlinien, und veranſtaltete, daß die rothe Farbe des einen Bildes auf eine Hälfte des Papiers, nnd die violetne Farbe des andern Bildes auf die andere Hälfte fallen mußte. Die hinterliegende Wand bedeckete er mit einem ſchwarzen Tuche, daß kein Licht von ihr zurückprellen ſollte; und betrachtete darauf das Papier durch ein drittes Prisma, das er damit parallel hielt. Die Hälfte deſſelben, welche das violetne Licht auffieng, ſchien nunmehr von der andern Hälfte, wegen der größern Brechung getrennet zu ſeyn, beſonders, wenn er ſich ziemlich weit von dem Papiere entfernete. Er ließ auch die beyden Bilder, mit umgekehrter Ordnung der Farben, auf einander fallen, ſo daß das

h) Newtoni Optices, L. I. P. 1. pr. 2. p. 33.

das rothe Ende des einen auf das violetne des andern kam. Betrachtete er ſie nun mit einem Prisma, das er der Länge nach mit ihnen parallel hielt, ſo ſonderten ſie ſich von einander ab, und kreuzeten ſich in der Mitte *i*).

Er ſtellete ein Prisma A B C, das einen rechten Winkel A und zween gleiche, B, C, von 45 Gr. hatte, in den Sonnenſtrahl in einem verfinſterten Zimmer; und drehete es langſam, nach der Ordnung der Buchſtaben A B C, herum, bis das Licht, welches vorher durch die Grundfläche B C, herausgefahren war, von derſelben zurückgeworfen wurde. Hierbey bemerkete er, daß die Strahlen, welche die ſtärkſte Brechung gelitten hatten, am erſten zurückgeworfen wurden. Alſo, dachte er, müßten unter den zurückgeworfenen Strahlen diejenigen, welche am meiſten brechbar wären, nachdem ſie alle zurückgeworfen worden, zu allererſt in größerer Menge als die übrigen Gattungen von Strahlen enthalten ſeyn, bis daß, nachdem auch dieſe insgeſammt zurückgeworfen worden, ihre Menge jener gleich würde. Dieſes zu verſuchen, ließ er das zurückgeworfene Licht durch ein anderes Prisma N gehen, und nach der Brechung durch daſſelbe auf ein weißes Papier p t in einiger Entfernung von N fallen, wo das gewöhnliche Farbenbild entſtand. Nun ließ er das erſte Prisma langſam um ſeine Axe drehen, und beobachtete, daß, wenn die Strahlen, welche in dieſem Prisma die größte Brechung gelitten hatten, nemlich die blauen und violetnen, alle mit einander zurückgeworfen wurden, das blaue und violetne Licht auf dem Papiere merklich gegen das rothe und gelbe vermehret ward; ſo wie auch das übrige Licht, das grüne, gelbe, rothe, nachdem es in dem erſten Prisma gänzlich zurückgeworfen war, auf dem Papiere, gleich dem blauen und violetnen vorher, an Stärke zunahm. Alſo erhellet aus dieſem Verſuche, daß das von der Grundfläche des Prisma zurückgeworfene Licht aus Strahlen von verſchiedener Brechbarkeit zuſammengeſetzet iſt, weil es zuerſt von den am meiſten brechbaren, und darauf von den weniger brechbaren, nach dem Grade ihrer Brechbarkeit, vermehret wird. In der Figur ſind M H die am meiſten brechbaren Strahlen, welche unter allen zuerſt nach N hin zurückgeworfen werden, und von da in p die Menge der violetnen Strahlen N p vermehren; M G ſind die am wenigſten brechbaren, welche, bey fortgeſetzter Umdrehung des Prisma, zuletzt zurückgehen, und ſich zu den rothen Strahlen N t begeben *k*).

Verſuch über die Zurückwerfung durchs Prisma. fig. 42.

Da nunmehr aus den Newtonianiſchen Verſuchen erhellet, daß die Lichtſtrahlen in den Graden der Brechbarkeit unterſchieden ſind, ſo folget von ſelbſt, daß die Regeln, welche die ältern Naturforſcher von der brechenden Kraft des Waſſers des Glaſes, u. ſ. w. gegeben haben, auf eine gewiſſe mittlere Gattung der Strahlen einzuſchränken ſind, als welche auch Kepler, Snellius und andere vorzüglich betrachtet haben mögen. Doch beweiſt Newton, daß für jede Gattung insbeſondere das Verhältniß des Brechungsſinus zu dem Einfallsſinus unveränderlich iſt, und, dieſes ſowohl aus der Erfahrung als aus geometriſchen Gründen: vorausgeſetzet, daß die Brechung eine Wirkung des Körpers auf das Licht nach Linien iſt, die auf die Oberfläche deſſelben ſenkrecht ſtehen *l*).

Zuſatz

i) Newtoni Optices. L. I. P. 1. pr. 2. p. 37. *k*) Ibid. p. 43. *l*) Ibid. p. 61.

Zuſatz des Ueberſetzers.

Von der Brechung durch ein Prisma.

1. Die Lehre von der Brechung durch ein Prisma, worauf ſich ſoviel phyſikaliſches von der Natur der Strahlen gründet, kann man ohne Hülfe der Mathematik gar nicht einſehen. Da ich keinen bequemen Ort finde, worauf ich den Leſer verweiſen könnte, ſo will ich das hieher gehörige kurz einrücken.

fig. 50. 2) Es ſey ABC ein Durchſchnitt des Prisma, der auf die Axe ſenkrecht iſt. In dieſem werde der Strahl FD nach DE gebrochen, und fahre nach EG heraus. Das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas ſey n : 1; der brechende Winkel BAC = A; BDF = p; ADE = q; AED = r; CEG = s, ſo hat man die Gleichungen

I. n cof q = cof p. II. n cof r = cof s. III. cof r = — cof (A + q) = ſin A. ſin q — cof A. cof q.

3) Hieraus findet man durch eine leichte Rechnung

ſin A. $\sqrt{(n\,n - \text{cof}\,p^2)}$ — cof A. cof p = cof s.

4) Dieſe Gleichung differentiire man, um das letzte Verhältniß der Veränderungen der Winkel p, q, zu erfahren, und man erhält die Gleichung

$$\frac{\text{ſin p. cof p. ſin A}}{\sqrt{(n\,n - \text{cof}\,p^2)}}\,dp + \text{cof A. ſin p. d p} = -\text{ſin s. d s.}$$

oder, nach Wegſchaffung der Irrationalgröße,

ſin p. cof p. d p + cof A. ſin p. cof s. d p = — ſin s. cof s. d s cof A. ſin s. cof p. d s.

Das Zeichen —, womit d s begleitet iſt, bedeutet bekanntermaaßen, daß die Veränderungen der Winkel p, s, entgegengeſetzet ſind.

5) Seßet man p = s, ſo wird d p = — d s, oder ſehr kleine Veränderungen in der Lage des Strahls FD geben eben ſo große, aber entgegengeſetzte, in der Lage des Strahls EG.

6) Alsdenn iſt auch q = r = 90° — $\frac{1}{2}$ A, und daher cof p = n ſin $\frac{1}{2}$ A.

7) Es ſey p = s, ſo werden die Strahlen die gegen FD auf beyden Seiten gleich geneiget ſind, beym Ausfahren noch denſelben Winkel mit einander ohne merklichen Fehler machen, den ſie beym Auffallen mit einander macheten, woferne dieſer Winkel ziemlich klein iſt. Denn es verändere ſich der Winkel FDB oder p in p + α und p — α; und CEG, der ebenfalls nun p ſey, verwandele ſich alsdenn in p — β und p + β′. Die Zeichen ſind den obigen entgegengeſetzet, weil die Veränderungen der Winkel es ſind. Da, für p = s, die Differentiale dp, ds, gleich groß ſind, ſo müſſen die Differentiale ds, wenn ſie auf der einen Seite des Winkels GEC größer als die Differentiale dp ſind, auf der andern kleiner werden. Daher wird, wenn β größer (oder kleiner) als α iſt, β′ kleiner (oder größer) als α ſeyn, ſo daß der Winkel 2α der einfallenden Strahlen, dem Winkel

β + β′

$\beta' + \beta$ der ausfahrenden faſt gleich iſt. Dieſes dienet zum Commentar über die Stelle in Newtons Optik, L. I. pr. 2. p. 24.

8) Exempel. Es ſey $A = 60°$; $n = \frac{3}{2}$; ſo iſt

I. wenn $q = r = 60°$, $p = s = 41° 24' 35''$

II. wenn $p = 41° 9' 00''$, oder III. $41° 40' 10''$

ſo iſt $q = 59\ 52\ 5 \cdot \cdot \cdot 60\ 7\ 57$

$r = 60\ 7\ 55 \cdot \cdot \cdot 59\ 52\ 3$

$s = 41\ 40\ 6 \cdot \cdot \cdot 41\ 8\ 56$

Die einfallenden Strahlen in II und III machen mit dem einfallenden in I den Winkel $15' 35''$. alſo unter ſich den $31' 10''$. Zieht man den Winkel des ausfahrenden Strahles mit dem Prisma in III. von dem in II. ab, ſo bleibt gleichfalls $31' 10''$.

9) Hieraus erhellet, daß die Strahlen, welche von entgegen geſetzten Punkten des Sonnenrandes kommen, unter der angenommenen Lage des Prisma gegen den Strahl vom Mittelpunkte, nicht ſo ſehr auseinander fahrend können gemachet werden, wie es die Strahlen ſind, welche nach den Enden des Bildes zulaufen. Das Bild der Sonne müßte auch durchs Prisma kreisrund ſeyn, wenn alle Strahlen gleich brechbar wären.

10) Die Strahlen FD, EG, ſchneiden ſich in I, ſo iſt der Winkel $DIE = A + p + s$. Iſt nun $p = s$ ſo iſt, weil $dp = -ds$, dieſes Winkels DIE differential $= 0$. Wenn man alſo alsdenn das Prisma ein wenig drehet, ſo wird IG doch gegen den Strahl FI gleich viel geneigt ſeyn, und der Punkt G, in welchem IG eine ſenkrechte Wand GR trifft, wird ſich nicht zu verrücken ſcheinen. Daraus folget auch, daß ſowohl der Winkel DIE als auch die Höhe des Punktes G ein Größtes oder Kleinſtes ſeyn müſſen.

11) Es iſt in dem Exempel (8) in dem Falle I. $p \times s = 82° 49' 10''$; in II. $82° 49' 6''$; in III. $82° 49' 6''$. Daraus ſieht man, daß DIE ein Größtes iſt, folglich der Punkt G ſeine niedrigſte Stelle hat, wofern $p = s$. Für dieſe Lage iſt der Winkel EDI des gebrochenen Strahles mit dem einfallenden ein Kleinſtes.

12) Hieraus erhält man eine ſchöne Methode, das Verhältniß der Brechung zu beſtimmen. Es werde durch A die horizontale HAOR gezogen, welche von FD in O, von EG in H geſchnitten werde. Iſt FD ein Strahl vom Mittelpunkte der Sonne, ſo iſt FOA die Höhe dieſes Mittelpunktes. Den Winkel H kann man erfahren, wenn man die Höhen der Punkte E, G über dem Boden des Zimmers, nebſt der Entfernung der Wand vom Prisma mißt. Unter den verſchiedenen Strahlen, die nach dem farbichten Bilde gehen, nehme man den mittlern, wenn man das mittlere Verhältniß der Brechung ſuchet. Weil $EIO = O + H$, und auch $EIO = EDI + DEI$ ſo iſt in dem Falle da $p = s$, und $EDI = DEI$, $EDI = \frac{1}{2}(O + H)$. Daraus findet man ferner $ADI = ADE - EDI = 90° - \frac{1}{2}A - EDI = p$, daß alſo $n = \frac{\sin(\frac{1}{2}A + EDI)}{\sin\frac{1}{2}A} = \frac{\sin\frac{1}{2}(A+O+H)}{\sin\frac{1}{2}A}$.

13) Weil EDI ein Kleinſtes iſt, ſo verändert es ſich faſt gar nicht, wenn auch das Prisma nicht völlig die gehörige Lage hat, und man findet dem ungeachtet, wenn auch hierinnen gefehlet werden ſollte, die Brechung richtig.

Berechnung des Brechungsverhältniſſes ungleichartiger Strahlen.

14) Vorausgeſetzet, daß für einen Strahl von einer gewiſſen Gattung die Winkel BDF, CEG gleich ſind, ſo werden ſie es für andere Gattungen von Strahlen nicht ſeyn. Die am meiſten brechbaren werden nach K, die am wenigſten brechbaren nach L zufahren. In der Zeichnung ſind, der Deutlichkeit wegen, die ungleichartigen Strahlen, ſo lange ſie im Prisma ſind, nicht unterſchieden.

15) Es gelte für den Strahl FDEG das Brechungsverhältniß n:1. Um es für die andern zu finden, differentiire man die Gleichung (3) ſo, daß bloß n und s veränderlich geſetzet werden. Daraus erhält man erſtlich

$$dn = -\frac{ds.\ \sin s}{n.\ \sin A}\, r(nn - \cos p^2)$$

Hier iſt $r(nn - \cos p^2) = n \cos \frac{1}{2}A$; und weil für die mittlere Gattung von Strahlen s=p war, iſt noch sin p ſtatt sin s zu ſetzen. Alsdenn wird mit Zuziehung bekannter trigonometriſcher Formeln

$$dn = -\tfrac{1}{2}\, n.\ \text{tang}\, p.\ ds$$

16) Die Strahlen von **mittlerer Brechbarkeit** ſind diejenigen, in deren Brechungsverhältniſſe, n:1, das Glied n die mittlere arithmetiſche Proportionalzahl zwiſchen den vorhergehenden Gliedern der Brechungsverhältniſſe der am meiſten und am wenigſten brechbaren Strahlen iſt. Das Brechungsverhältniß für die andern Gattungen wird überhaupt durch $n + dn : 1$ bezeichnet, indem man dn nebſt ds als kleine endliche Größen betrachtet; und zwar iſt für die mehr brechbaren dn poſitiv, weil ds negativ iſt, ſo wie für die weniger brechbaren dn negativ iſt.

17) Newton (Opt. L. I. pr. 7) fand die Summe der Winkel bey O und H, 44° 40′. Der Winkel A war 62° 30′. Folglich war n:1 = sin 53° 35′: sin 31° 15′ nach (12) oder n = 1,5512, für die mittlern Strahlen. Ferner war die Länge des Bildes nach Abzug der Breite 7¾ Zolle, die Entfernung deſſelben vom Prisma 18½ Fuß, folglich der Winkel der äußern Strahlen 2° 0′ 7″, und die Hälfte 1° 0′ 3″ der Winkel der äußern Strahlen mit den mittlern. Dieſes iſt ds in Graden ausgedrücket. Weil man es aber hier durch einen Bogen mit dem Halbmeſſer Eins ausdrücken muß, ſo wird ds = 0,01747. Dabey iſt p = 36° 25′, als das Complement von 53° 35′, und n = 1,5512. Hieraus findet man vermittelſt der Logarithmen aus (15) dn = 0,01; und es iſt das Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen 1,551:1; der violetnen 1,561:1; der rothen 1,541:1. Newton findet auf eine andere Art dieſe Verhältniſſe; 8047:5188; 8099:5188; 7995:5188; welche mit jenen auf eines herauskommen. Die Brechungsverhältniſſe für die violetnen und rothen Strahlen ſind in den kleinſten ganzen Zahlen ausgedrücket, 78:50 und 77:50, wie Newton eben daſelbſt lehret.

18) Die

18) Die Unterſchiede der Brechungsſinus der Strahlen von der mittlern und einer andern Gattung aus Glas in Luft für denſelben Einfallsſinus, verhalten ſich wie die Winkel derſelben beym Ausfahren aus dem Prisma.

Zweyter Abſchnitt.

Von der Natur der Farben.

Um eben die Zeit, da dieſer große Naturforſcher der königlichen Geſellſchaft ſeine Lehrſätze von der verſchiedenen Brechbarkeit der Lichtſtrahlen mittheilete, trug er ihr auch, welches freylich eine nothwendige Folge aus jenen war, ſeine Gedanken über die Beſchaffenheit der Farben vor. Er ſetzete ſie in einer Reihe von Sätzen auseinander, davon die wichtigſten folgende ſind.

Newtons Gedanken von den Farben.

1) So wie die Strahlen in der Brechbarkeit verſchieden ſind, ſo unterſcheiden ſie ſich auch durch das Vermögen, dieſe oder jene beſondere Farbe hervorzubringen. Farben ſind nicht, wie man gewöhnlich glaubt, Modificationen des Lichtes durch die Brechung und Zurückwerfung, welche es von den Körpern leidet, ſondern urſprüngliche und eigenthümliche Eigenſchaften deſſelben, die in verſchiedenen Strahlen verſchieden ſind. Einige Strahlen haben das Vermögen, die Empfindung der rothen Farbe, und keiner andern; einige der gelben Farbe, und keiner andern; einige der grünen, und keiner andern, und ſo ferner, zu erwecken. Nicht bloß die kenntlichſten Farben haben ihre eigene Strahlen, wodurch ſie hervor gebracht werden, ſondern alle dazwiſchen fallende Schattirungen haben dergleichen.

2) Mit demſelben Grade der Brechbarkeit iſt allemal dieſelbe Farbe verknüpfet, und umgekehret.

3) Dieſelbe Gattung von Farben, und derſelbe Grad von Brechbarkeit, an jeder beliebigen Art von Strahlen, ließ ſich weder durch Brechung, noch durch Zurückſtrahlung, noch durch irgend eine andere Urſache, ſo viel er bemerken konnte, verändern. Wenn eine Gattung von Strahlen von den ungleichartigen wohl abgeſondert war, ſo behielt ſie hernach ihre Farbe, ungeachtet aller Bemühungen, die er, ſie zu verändern, anwandte. Er lies dieſes gleichartige Licht ſich durch Prismen brechen, und von Körpern, die in dem Tageslichte andere Farben hatten, zurück prallen. Er fieng es mit dem farbichten Luftſcheibchen auf, das ſich zwiſchen zwo an einander gedrückten Glasplatten zeiget. Er lies es durch gefärbte Körper durchgehen, und veränderte auf mancherley Art die Figur des Strahles; aber nie konnte er daraus eine neue Farbe erzwingen. Durch die Zuſammenziehung oder Zerſtreuung ward es wohl heller oder matter, und durch den Verluſt der Strahlen bisweilen ſehr dunkel und unkenntlich, aber die Gattung blieb unveränderlich.

4) Eine ſcheinbare Verwandlung der Farben läßt ſich durch die Vermiſchung ungleichartiger Strahlen machen. Allein in ſolchen Vermiſchungen ſind die dazu genommenen Farben ſelbſt nicht ſichtbar, ſondern ſie bringen, indem jede die andern

ſchwächet, eine mittlere Gattung hervor; weswegen auch, wenn man die ungleichartigen Strahlen durch die Brechung von einander ſondert, verſchiedene Farben an dieſer Miſchung ſich zeigen werden. So erſcheint blaues und gelbes Pulver wohl mit einander gemiſchet, dem bloßen Auge grün, und doch ſind die Farben der einzelnen Theile dabey nicht wirklich verändert, ſondern nur mit einander vermenget, weil ſie durchs Mikroſkop noch immer grün und gelb erſcheinen.

5) Ferner giebt es zwo Arten von Farben, erſtlich die einfachen und urſprünglichen, zweytens, die aus dieſen zuſammengeſetzten. Die Grundfarben ſind, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, und ein violetnes purpur, nebſt einer unendlichen Menge von Schattirungen zwiſchen dieſen.

6) Eben ſolche Farben, wie dieſe urſprünglichen, der Art nach, laſſen ſich durch eine Zuſammenſetzung hervorbringen. So wird aus gelb und blau zuſammen vermiſchet, grün, aus roth und gelb wird orange, aus orange und gelblichgrün wird gelb. Und überhaupt, wenn Farben, die in der Reihe der prismatiſchen nicht gar zu weit von einander entfernt ſind, mit einander vermiſchet werden, ſo werden ſie einander ſo verändern, daß die in der Mitte zwiſchen ihnen liegende Farbe daher entſteht. Dies geſchieht aber nicht, wenn ſie zu weit auseinander liegen. So geben orange und indigo nicht das zwiſchen ihnen in der Mitte liegende grün, oder ſcharlach und grün das mitten ihnen befindliche gelb.

7) Keine Farbe iſt auf eine ſo beſondere und wunderbare Art zuſammengeſetzet, wie die weiße. Dieſe hervorzubringen, werden alle Grundfarben, nach gewiſſen Verhältniſſen der Miſchung erfodert. Mit Bewunderung ſah er oft alle prismatiſche Farben, wenn die Strahlen zuſammenlaufend gemachet wurden, daß ſie ſich wieder, wie vor ihrer Zerſtreuung durchs Prisma, mit einander vermiſcheten, ein vollkommen weißes, von dem Sonnenlichte nicht verſchiedenes Licht, wieder hervorbringen. Nur, wenn die Gläſer nicht vollkommen rein waren, neigeten ſie ſich ein wenig zu der Farbe derſelben.

Verſuch, aus den prismatiſchen Farben weiß hervorzubringen.

Dieſes zu unterſuchen, giebt er folgenden Verſuch an. In einem verfinſterten Zimmer mache man in dem Fenſterladen eine Oeffnung, etwa $\frac{1}{3}$ Zoll weit, damit man genug Sonnenlicht erhalten möge, ſtelle vor das Loch ein helles farbenloſes Prisma, das Licht dadurch nach dem andern Ende des Zimmers hinzubrechen. Darauf ſtelle man ein Linſenglas von etwa drey Fuß Brennweite, in einer Entfernung von etwa 4 bis 5 Fuß hinter daſſelbe, dergeſtalt daß die Strahlen aller Farben das Glas treffen, und in einer Entfernung von etwa 10 bis 12 Fuß ſich vereinigen mögen. Fängt man ſie an dieſem Orte mit einem Bogen weißen Papiers auf, ſo werden die Farben, wegen ihrer Vermiſchung, eine weiße Farbe geben. Beweget man das Papier hin und her, ſo wird man nicht allein den Ort treffen, wo die Weiße am vollkommenſten iſt, ſondern man wird auch ſehen, wie ſich die Farben der Weiße allmählig nähern und ſich darinnen verlieren; und wie die Strahlen jenſeits der Stelle der völligen Weiße, wo ſie ſich kreuzeten, wieder auseinander fahren, und, nur in umgekehrter Ordnung, dieſelben Farben wie dießeits darſtellen. Wird eine oder mehrere der Farben aufgefangen, ſo wird ſtatt der Weiße eine andere Farbe entſtehen. Soll alſo

die

die Weiße ſo vollkommen als möglich ſeyn, ſo muß man wohl Acht geben, daß keine Strahlen von einer Farbe das Linſenglas vorbey fahren.

Hieraus folgert unſer Verfaſſer, daß Weiß, die gewöhnliche Farbe des Lichtes, eine Vermiſchung aller Lichtſtrahlen von allen Farben ſey, die von den verſchiedenen Theilen leuchtender Körper herkommen. Sind die einfachen Strahlen in dem gehörigen Verhältniſſe der Miſchung vorhanden, ſo entſteht daraus die weiße Farbe; iſt aber eine Gattung vor der andern in größerer Menge da, ſo wird die Farbe des Lichtes ſich nach der Farbe dieſer Strahlen hinneigen, wie zum Beyſpiele bey der blauen Flamme des Schwefels, der gelben Flamme einer Kerze, und dem mancherley Lichte der Fixſterne.

Bey den Verſuchen über die Unmöglichkeit, die Grundfarben zu verändern, erinnert er, daß das Zimmer ſehr dunkel ſeyn müſſe, damit nicht einiges zerſtreuetes Licht ſich mit der Grundfarbe vermiſche, und ſie zu einer zuſammengeſetzten mache. Auch iſt es nöthig, ſaget er, daß die Farben noch beſſer von einander geſondert werden, als es mit einem einzigen Prisma möglich iſt; ſonſt, wenn die Abſonderung nicht hinlänglich genau iſt, muß man deswegen nach Maasgabe der Miſchung auf einige Veränderung der Farbe rechnen. a)

Daß das gefärbte Sonnenlicht aus Strahlen von verſchiedener Brechbarkeit beſteht, erhellet aus mehrern der im erſten Abſchnitte angeführten Verſuche zur Genüge; und ohne Zweifel entſtehen auch die Farben natürlicher Körper von dergleichen Strahlen, weil aus einigen dieſer Verſuche es ſich offenbar zeiget, daß die natürlichen Körper dieſe oder jene Farbe haben, weil ſie dieſe oder jene Strahlen zurückwerfen. Doch erdachte unſer Verfaſſer, ſeine Lehre von der Beſchaffenheit der Farbe natürlicher Körper unmittelbar zu beweiſen, folgende Verſuche, welche es ſich wohl verlohnet anzuführen.

Verſuche mit dem Lichte natürlicher Körper.

Er nahm ein ſchwarzes länglichtes ſteifes Stück Papier, in Geſtalt eines Parallelograms, und theilete es durch eine Querlinie, ſenkrecht auf die längern Seiten, in zwey gleiche Theile. Einen dieſer Theile überlegte er mit rother, den andern mit blauer Farbe, und fand, wie er das Papier durch ein Prisma, den brechenden Winkel aufwärts gekehret, betrachtete, daß die blaue Hälfte durch die Brechung mehr erhoben ward, als die rothe; daß aber, wenn der brechende Winkel unterwärts gekehret war, die blaue Hälfte niedriger erſchien; ſo, daß alſo in beyden Fällen das Licht von der blauen Hälfte durch das Prisma ſtärker gebrochen ward, als das, welches von der rothen herkam.

Um eben dieſes Papier wickelte er einen feinen Faden ſchwarzer Seide, erleuchtete es ſtark durch das Licht einer Kerze, und ſtellete ſechs Fuß von dem Papiere ein Linſenglas, das vier Zolle breit war, um die Strahlen, welche von den verſchiedenen Punkten des Papiers herkamen, aufzufangen, und ſie wiederum in gleich vielen Punkten in derſelben Entfernung hinter dem Glaſe zu vereinigen; damit auf ſolche Art ein

a) Philoſ. tranſ. abr. vol. I. p. 113. (Man findet dieſe Lehre auch in der erſtern Hälfte des 2ten Theils des 1ſten Buches der Newt. Optik. K.)

Bild des farbichten Papiers auf einem weißen Papiere daſelbſt entworfen werden möchte. Darauf bewegete er ſein weißes Papier rückwärts und vorwärts, und bemerkete ſorgfältig die Stellen, wo die Bilder der rothen und der blauen Hälfte des gefärbten Papieres am deutlichſten zu ſehen waren. Er fand, daß, wo die rothe Hälfte am deutlichſten ausfiel, die blaue Hälfte undeutlich war; ſo, daß die ſchwarzen Linien darauf kaum zu erkennen waren: ſo wie umgekehrt, wo die blaue Hälfte am deutlichſten ſchien, die rothe undeutlich ward. Die beyden Stellen, wo dieſe Bilder deutlich erſchienen, waren anderthalb Zoll von einander. Um ſo viel war nämlich der Vereinigungspunkt der blauen Strahlen, als der brechbarſten, dem Glaſe näher.

Beyde Farben beſtanden übrigens aus Strahlen von verſchiedener Brechbarkeit, ſo, daß in dem rothen Lichte einige nicht weniger brechbare Strahlen als in dem blauen, und in dem blauen einige nicht mehr brechbare als in dem rothen, beygemiſchet waren. Weil dieſe aber verhältnißweiſe wenig waren, ſo konnten ſie den Erfolg des Verſuches wohl vermindern, aber nicht ganz vernichten. Waren die beyden Farben, die rothe und blaue, blaſſer, ſo fielen die Bilder näher als anderthalb Zoll aneinander; waren ſie aber glänzender, ſo ward die Entfernung der Bilder größer. b)

Da ich in dem vorigen Abſchnitte nur gezeiget habe, wie weit die Strahlen in Abſicht auf die Brechbarkeit von einander verſchieden ſind, ſo will ich nun die Reſultate der Unterſuchungen unſers genauen Naturforſchers über die verſchiedenen Grade der Brechbarkeit der verſchiedenen Gattungen der Strahlen, nach ihren beſondern Farben, erzählen. Nur muß ich vorher erklären, auf welche Art er die Gränzen jeder Farbe, in dem länglichten Bilde der Sonne, genauer als es bisher angezeiget iſt, zu beſtimmen verfuhr. In dem Sonnenbilde waren die Farben nicht allein der äußern, ſondern auch der mittlern ſehr von einander verſchieden, aber es war doch nicht möglich anzugeben, wo die eine ſich endigte, und die andere anfieng. Die Urſache davon iſt, daß die Strahlen jeder Gattung ein kreisrundes Bild der Sonne von einer beſondern Farbe auf dem Papiere entwerfen. Da dieſe Gattungen jede von den nächſten unendlich wenig verſchieden ſind, ſo entſtehen dadurch unzählich viele Kreiſe, deren Mittelpunkte unendlich nahe an einander liegen, daß alſo das Licht aufs innigſte mit einander vermiſchet wird, beſonders um die Mitte des Bildes, wo es am helleſten iſt.

Könnte man, ſaget er, dieſe Kreiſe, ohne die Lage ihrer Mittelpunkte zu verändern, kleiner im Durchmeſſer machen, ſo würden ſie nicht ſo ſehr in einander fallen, und die ungleichartigen Strahlen ſich weniger mit einander vermiſchen. So
fig. 51. laufen in PT die verſchiedenen kreisrunden Sonnenbilder in einander, aber in pt, wo die Kreiſe kleiner ſind, und die Mittelpunkte derſelben eben ſo weit wie dort von einander entfernet liegen, wird die Miſchung mit den Durchmeſſern gleichmäßig vermindert.

Dieſes

b) Newtoni Optices, L. I. prop. I. p. 15.

Dieſes ließe ſich bewerkſtelligen, wenn man außerhalb des Zimmers, in einer großen Entfernung vom Prisma, nach der Sonne hin, einen dunkeln Körper, mit einem runden Loche in der Mitte anbringen könnte, um dadurch alles Licht der Sonne, außer demjenigen von der Mitte ihrer Scheibe aufzufangen. Statt dieſes Körpers gebrauchet er ein Linſenglas auf folgende Art.

Versuch, die ungleichartigen Strahlen mehr abzuſondern.

Ohngefähr 10 bis 12 Fuß von dem Fenſter ſtellete er das Linſenglas, dadurch das Bild des Loches, in einer Entfernung von 6, 8, 10, 12 Fuß, nach Beſchaffenheit des Glaſes, auf einem weißen Papiere entworfen wurde. Gleich hinter das Linſenglas ſtellete er ein Prisma, welches das gebrochene Licht aufwärts oder zur Seite hinlenkete, und bewegete das Papier, worauf er das länglichte Sonnenbild auffieng, ſo lange hin und her, bis daß er die Stellung fand, in welcher die geradlinichten Seiten des Prisma recht deutlich erſchienen. Auf ſolche Art waren die kreisrunden Bilder des Loches, woraus das länglichte Bild, wie pt (Fig. 51) zuſammengeſetzet war, ganz deutlich, ohne Halbſchatten, begränzet, lieſen ſo wenig als möglich in einander, und die Vermiſchung der ungleichartigen Strahlen war ſo geringe als ſie nur ſeyn konnte. Nachdem er ein größeres oder kleineres Loch in dem Fenſterladen brauchete, machete er die kreisrunden Bilder nach Gefallen größer oder kleiner, und veränderte die Miſchung der Strahlen in dem länglichten Bilde, wie es ihm beliebete. Die Breite deſſelben machete er 40, ja bisweilen 60 bis 70 mal kleiner als die Länge. fig. 52.

Anſtatt eines kreisrunden Loches empfiehlt unſer Verfaſſer eine Oeffnung in Geſtalt eines langen Rechtecks, deſſen Länge mit dem Prisma parallel iſt. Denn wenn dieſes einen bis zwey Zoll lang, und nur $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ Zoll breit iſt, ſo wird das Licht des Bildes ſo gut von einander geſondert ſeyn, wie vorher, und dabey wird das Bild viel breiter, und daher bequemer zu dieſen Verſuchen ſeyn. Außer dieſer Oeffnung ſchlägt er auch eine in Geſtalt eines gleichſchenklichten Dreyecks vor, deſſen Grundlinie etwa $\frac{1}{10}$ Zoll, und die Höhe einen Zoll und darüber ſeyn mag. Denn dadurch wird, wenn man die Axe des Prisma parallel mit der Höhe dieſes Dreyecks richtet, das Bild pt aus lauter gleichſchenklichten Dreyecken ag, bh, ci, dk, el, fm, u. ſ. w. und unzählig vielen andern dazwiſchen liegenden beſtehen, die ſich nach der Größe und Geſtalt der Oeffnung richten, und eins neben dem andern zwiſchen den parallelen Linien af, gm, liegen. Dieſe Dreyecke laufen bey ihren Grundlinien ein wenig in einander, aber nicht bey ihren Spitzen. Deswegen iſt das Licht an der hellen Seite des Bildes af, wo die Grundlinien der Dreyecke liegen, etwas zuſammengeſetzet, aber an der dunklern Seite gm iſt es völlig ungemiſchet; und an jeder Stelle zwiſchen den Seitenlinien iſt die Miſchung der Entfernung dieſer Stelle von der dunklern Seite gm proportional. Bey einem ſolchen Bilde kann man die Verſuche entweder in dem hellern aber nicht ſo reinem Lichte, nahe an af, oder in dem ſchwächern und einfachern Lichte, nahe bey gm, wie man es für gut findet, anſtellen. fig. 53.

Zu dieſen Verſuchen, erinnert er, muß das Zimmer ſehr dunkel, das Linſenglas ſehr gut, ohne Blaſen und Adern, das Prisma wohl polirt, mit vollkommen

ebenen

ebenen Seiten seyn. Der Winkel desselben muß etwa 65 bis 70 Grad halten; auch müssen die Ecken des Prisma und der Rand des Linsenglases, in so weit eine unordentliche Brechung dadurch verursachet werden könnte, mit schwarzem aufgeleimten Papiere bedecket werden. Alles unnöthige Licht muß man mit schwarzem Papiere oder auf andere Art auffangen. Weil es schwer hält, zu diesen seinen Versuchen tüchtige Glasprismen zu bekommen, so nahm er bisweilen prismatische Gefäße, die aus Stücken Spiegelglas zusammengesetzet waren, und füllete sie mit Regenwasser, worinne er, um die Brechung zu vergrößern, bisweilen viel Bleyzucker auflöfete c).

Fig. 54. Nachdem er auf die oben erzählete Art die Seitenlinien des farbichten Bildes, als AF, GM, recht deutlich ausgedrücket bekommen hatte, zeichnete er den Umriß FAPGMT auf ein Blatt Papier, und hielt es so, daß das Bild mit der Zeichnung genau zusammenfiel. Darauf mußte ein Gehülfe, dessen Auge schärfer als die seinigen, die Farben zu unterscheiden, waren, die Gränzen jeder Farbe mit Querlinien angeben. Diese Arbeit wurde oft, sowohl auf demselben als andern Papieren wiederholet, und die Beobachtungen trafen immer recht wohl mit einander überein. Nun fand er, daß die Seiten MG, FA, solchergestalt wie eine musikalische Tonleiter eingetheilet waren. Denn wenn GM bis X verlängert, und MX gleich GM genommen, und ferner diese GX so eingetheilet ward, daß GX, lX, iX, hX, eX, gX, aX, MX, sich wie die Zahlen 1, $\frac{8}{9}$; $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$, verhielten, und also die Längen der Saiten des Grundtons, der großen Secunde, der kleinen Terz, der Quarte, der Quinte, der großen Sexte, der Septime d), und der Ober-Octave vorstelleten, so waren die Zwischenräume Ma, ag, ge, eh, hi, il, lG, die Breiten, welche die verschiedenen Farben, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violet, einnahmen.

Uebereinstimmung der Farben mit den Tönen.

Brechungsverhältnisse der sieben Hauptfarben im Glase. Diese Zwischenräume, welche die Winkel der nach den Gränzen dieser Farben, das ist, nach den Punkten M, a, g, e, h, i, l, G, zulaufenden Strahlen überschneiden, kann man ohne merklichen Fehler den Unterschieden der Brechungssinus dieser Strahlen bey einem gemeinschaftlichen Einfallssinus proportional setzen e). Weil nun das Brechungsverhältniß der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen, bey dem Uebergange aus Glas in Luft, wie 50 zu 78 und 50 zu 77 war gefunden worden, so muß der Unterschied zwischen 77 und 78 in demselben Verhältnisse mit der Linie GM eingetheilet werden, und so erhält man die Zahlen 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78, für die Brechungssinus dieser Strahlen aus Glas in Luft, da 50 den gemeinschaftlichen Einfallssinus darstellet.

c) Newtoni Optices. L. I. P. 1. pr. 4. p. 51.

d) Der kleinen Septime, be; denn der Werth der großen Septime, h, ist $\frac{15}{8}$. Die große Sexte ist nach der diatonischen Tonleiter der Griechen angesetzet; nach der neuern ist sie $\frac{15}{8}$. Marpurgs musikalische Setzkunst. S. 22, 26. K.

e) Wenn die mittlern Strahlen senkrecht auf das Papier fallen, so verhalten sich diese Zwischenräume ziemlich genau, wie die Winkel der Strahlen mit einander, und diese wie die Unterschiede der Brechungssinus. Zusatz zum vorigen Abschn. am Ende. K.

let. Demnach iſt der Einfallsſinus der rothen Strahlen gegen den Brechungsſinus nicht größer, als 50 gegen 77, und nicht kleiner als 50 gegen $77\frac{5}{8}$; ſo daß die Brechungsverhältniſſe aller Arten von Strahlen, welche die Empfindung einer rothen Farbe erregen, zwiſchen den Gränzen, 50: 77 und 50: $77\frac{1}{8}$ liegen. So auch mit allen übrigen Farben *f*).

Weiß iſt aus allen Farben zuſammengeſetzet.

Nachdem unſer Verfaſſer gezeiget, daß das Sonnenlicht aus verſchiedentlich gefärbten, nach einem gewiſſen Verhältniſſe mit einander vermiſchten Strahlen, beſtehe: ſo beweiſt er durch eine andere Reihe von Verſuchen den durch einen oben ſchon angeführten Verſuch erwieſenen Satz, daß, wenn die einfachen Strahlen, worinn ein Lichtſtrahl aufgelöſet iſt, wieder vermiſchet werden, ein weißes Licht daraus entſtehe; und daß, wenn einer derſelben aufgefangen werde, das Sonnenbild gefärbet erſcheinen müſſe, und zwar auf verſchiedene Art, nach Beſchaffenheit der zurückgehaltenen Strahlen. Und, um den Beweis vollſtändig zu machen, bemerket er, daß wenn man die Farben, welche das weiße Bild hervorbringen, alle bis auf eine, auffängt, die Farben zwar dadurch nach ihrer Ordnung erſcheinen; allein daß, ſobald man ſie ſehr geſchwinde auf einander folgen läßt, das Bild weiß bleibt, ungeachtet ganz gewiß jeden Augenblick nur eine Farbe vorhanden iſt. Daher folgert er ganz richtig, daß wenn die Farben, indem ſie auf einander folgen, weiß ſcheinen, ſie noch vielmehr, wenn ſie ſo innig, wie in dem Sonnenlichte, mit einander vereinigt ſind, die Empfindung der weißen Farbe erregen werden.

So wie er aus den verſchiedentlich gefärbten Sonnenſtrahlen ein weißes Licht hervorbrachte, ſo verſuchete er auch eben dieſes mit gefärbten Materien zu bewerkſtelligen, dabey er aber die verſchiedenen Farben in demſelben Verhältniſſe zu einander ſetzete, wie er ſie in dem Sonnenlichte angetroffen hatte. Es glückete ihm auch. Die gefärbten Pulver, deren er ſich bediente, zeigeten zwar anfangs nur eine graulichte Farbe. Allein dies war wirklich nur ein dunkles Weiß, oder Weiß mit Schatten vermenget. Denn wie er die Miſchung in ein ſtarkes Licht ſtellete, ſo ward ſie ſo glänzend weiß, daß ein Freund, der ihn beſuchete, wie er eben mit dieſen Verſuchen beſchäfftiget war, und der nicht wußte, was Newton vorgehabt hatte, die Miſchung in dieſen Umſtänden für eben ſo weiß wie ein Stück feines weißes Papier, das er damit verglich, erklärete. *g*)

Wie man die Farbe einer Miſchung aus ihren Ingredienzien beſtimmt.

Weil die prismatiſchen Farben in der erſt angeführten Miſchung Weiß hervorbringen, ſo werden in andern Verhältniſſen der Miſchung, oder wenn nur einige derſelben genommen werden, allerhand Farben aus ihnen entſtehen. Aus der gegebenen Menge und Beſchaffenheit gewiſſer Hauptfarben die Farbe der aus ihnen zuſammengeſetzten Miſchung zu beſtimmen, hat Newton eine ſehr ſinnreiche Methode angegeben. Aus dem Mittelpunkte O beſchreibe man einen Kreis ADF, theile deſſen Umfang in 7 Theile, die ſich wie die muſikaliſchen Intervalle in einer Octave, das iſt, wie die Zahlen $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{17}$, $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{17}$, $\frac{1}{9}$, verhalten. *h*) Der erſte

fig. 55.

f) Newtoni Optices, L. I. P. 2. pr. 3. p. 103.

g) Ibid. L. II. P. 2. pr. 5. exp. 15. p. 123.

h) Dieſe Intervalle zu finden, muß man den

erſte Theil DE ſtelle die rothe, der zweyte EF die Orangenfarbe und ſo weiter, vor, wobey man annehmen muß, daß alle dieſe Farben allmählig ſich eine in die andere verlieren. Ferner ſey p der Schwerpunkt des Bogens DF, und q, r, s, t, u, x, die Schwerpunkte der übrigen Bogen. Um dieſe Punkte beſchreibe man Kreiſe, die ſich wie die Menge der Strahlen in jeder Farbe der gegebenen Miſchung verhalten. Darauf ſuche man den gemeinſchaftlichen Schwerpunkt aller dieſer Kreiſe, welcher in Z falle, ſo wird, wenn man eine gerade Linie durch O und Z zieht, der Punkt Y, in welchem ſie den Umfang trifft, die Farbe der Miſchung anzeigen; und die Linie OZ wird der Völligkeit oder Stärke der Farbe proportional ſeyn, oder angeben, wie weit ſie von der weißen Farbe entfernt ſey. Doch iſt zu merken, daß, wenn nur zwo Hauptfarben, die auf dem Kreiſe gegen einander über liegen, in gleicher Maaße genommen werden, der Punkt Z in den Mittelpunkt O, welcher die weiße Farbe darſtellet, treffe, obgleich dieſe beyde Farben nie ein vollkommenes Weiß, ſondern eine matte namenloſe Farbe hervorbringen. Ob ſich aus drey in gleichen Weiten auf dem Umfange von einander genommenen Farben ein vollkommenes Weiß hervorbringen laſſe, kann er nicht ſagen, wiewohl er nicht zweifelt, daß es mit vier oder fünfen angehen möge. Inzwiſchen hält er ſelbſt dieſes für nicht viel beſſer, als Spielwerke, woraus man wenig Nutzen zur Erklärung der Naturbegebenheiten ziehen könne, weil alle weiße Farben, welche die Natur erzeuget, alle Gattungen von Strahlen enthalten. i)

Dritter Abſchnitt.

Erklärung verſchiedener Erſcheinungen durch Hülfe der obigen Entdeckungen.

Nachdem Newton durch ein ſo vollkommenes analytiſches Verfahren, wie man es ſich ſonſt nie bedienet hatte, und das als das beſte Muſter für alle fernern Unterſuchungen über die Kräfte der Natur mit Recht angeſehen wird, zur wahren Theorie des Lichtes und der Farben gelanget war, ſo fuhr er nunmehr auf dem ſynthetiſchen Wege fort, verſchiedene Erſcheinungen durch Hülfe derſelben zu erklären.

Warum man die Sachen durch ein Prisma mit einem gewiſſen farbichten Rande ſieht

Zuerſt erkläret er die Urſache, warum an einem Gegenſtande, den man durch ein Prisma betrachtet, bloß der Rand mit gewiſſen Farben und in einer gewiſſen Ordnung gefärbet erſcheint. Es ſey ABC ein Prisma, worauf durch ein Loch Ff, das faſt ſo breit iſt, als das Prisma ſelbſt, das Licht der Sonne fällt. In MN ſey ein weißes Papier, welches das gebrochene Licht auffängt. Auf dieſem mögen die am meiſten brechbaren, oder die dunkelſten violetnen den Raum Pp einnehmen, die am wenigſten brechbaren den Raum Tt, die mittlern Strahlen zwiſchen den Indigofärbigen und blauen den Raum Qq, die grünen von der Mittelgattung den

fig. 56.

Raum

den numeriſchen Werth des niedrigſten der Töne, die man vergleichet, jedesmal durch 1 ausdrücken, und darauf den Unterſchied der Töne nehmen. Newton giebt ſeine Regel nicht für mathematiſch richtig, ſondern nur für eine Näherung aus. K.

i) Newtoni Optices. L. I. P. 2. pr. 6. p. 127.

Raum Rr, die zwiſchen gelb und orange fallenden den Raum Ss, und die andern Gattungen die dazwiſchen fallenden Räume. Iſt nun das Papier dem Prisma ſo nahe, daß die Räume P T, p r nicht in einander fallen, ſo wird der Raum von T bis p von Strahlen jeder Gattung, in dem gehörigen Verhältniſſe ihrer Mengen, erleuchtet, und demnach weiß ſeyn. Aber die Räume oben und unterwärts bekommen nicht alle Arten von Strahlen, und werden folglich gefärbet erſcheinen. Weil das Sonnenlicht nicht völlig weiß, ſondern ein wenig gelblich iſt, ſo werden die überſchießenden gelben Strahlen durch ihre Vermiſchung mit dem blaſſen Blau zwiſchen S und T eine grünlichte Farbe hervorbringen. Demnach werden die Farben von P bis r in folgender Ordnung folgen: violet, indigo, blau, blaßgrünlicht, weiß, blaßgelb, orange, roth. So, ſaget Newton, giebt ſie die Rechnung an, und die Erfahrung wird es beſtätigen.

Befindet ſich das Papier aber auf der andern Seite von X, wo die Farben in eines fließen, ſo wird die weiße in der Mitte verſchwinden. Denn alsdenn werden die am meiſten und am wenigſten brechbaren Strahlen in der Mitte fehlen, und die übrigen Strahlen daſelbſt werden ein lebhafter Grün als vorher zuwege bringen. Das gelbe und blaue wird auch weniger mit andern Strahlen verſetzet, und daher ſtärker ſeyn. Alles ſo, wie es die Erfahrung zeiget.

Betrachtet man einen weißen Körper, der mit einem ſchwarzen oder dunkeln umgeben iſt, durch ein Prisma, ſo wird der Rand farbicht erſcheinen, wovon der Grund in dem oben angeführten liegt. Iſt der Gegenſtand ſchwarz, und mit einem weißen Körper umgeben, ſo muß man die Farben, welche er durch das Prisma zu haben ſcheint, dem Lichte des weißen Körpers, das ſich in den dunkeln hinein erſtrecket, zuſchreiben [a]). Darum ſind ſie alsdenn auch in umgekehrter Ordnung, als in dem vorigen Falle vorhanden. Ein gleiches gilt auch von einem Körper, deſſen Theile un-

a) Z. E. Wenn man das Bley eines Fenſters, durch ein Prisma, deſſen Axe parallel damit iſt, mit unterwärts gekehrtem brechenden Winkel betrachtet, ſo erſcheint er ganz bunt, oben blau mit einem ganz ſchmalen violetnen Streifen darunter; auf der andern Seite zu unterſt hochgelb, und darüber, an dem violetnen und blauen, roth. Die Urſache des farbichten Randes an der Gränze des hellen und dunkeln, wenn man ſie durch ein Prisma betrachtet, iſt aus dem, was hier nach Newton angeführet wird, ſo leicht nicht zu begreifen, weil die Zeichnung dazu nicht bequem iſt. Auf folgende Art wird es leichter fallen. Wenn man durch ein Prisma einen hellen und dunkeln Gegenſtand neben einander ſieht, und der dunkle nach dem brechenden Winkel hin liegt, ſo werden unter den nach dieſem Winkel hinfahrenden Strahlen die brechbarſten noch ins Auge kommen können, wenn die weniger brechbaren es vorbeygehen; alſo wird der dunkle Rand zu innerſt violet, daran blau erſcheinen. Liegt hingegen die helle Sache nach dem brechenden Winkel hin, ſo werden von denjenigen Strahlen, die an der Grundfläche des Prisma durchgehen, die am wenigſten brechbaren noch ins Auge kommen, wenn die mehr brechbaren es nicht können; und die dunkle Sache bekömmt einen rothen, und um dieſen einen hochgelben Rand. Nur muß man wiſſen, daß, wenn die Schiefe des auffallenden Strahls vermehret wird, die Schiefe des ausfahrenden abnimmt; auch, daß bey einerley Einfallswinkel die violetnen und blauen am meiſten, die rothen und gelben am wenigſten ſchief gegen die zweyte Fläche des Prisma herausfahren. R.

gleich erleuchtet sind. Denn an den Gränzen der ungleich hellen Theile müssen aus eben dem Grunde, nämlich wegen des Ueberschusses des Lichtes der hellern Theile, Farben entstehen. Diese müssen von eben der Art, als wenn die weniger hellen Theile schwarz wären, nur matter und blasser seyn *b*).

Blauer Bogen im Prisma durch die Reflexion. fig. 57.

An dem Prisma zeiget sich noch eine so wunderbare, aus den sonst gewöhnlichen Hypothesen ganz unerklärbare Erscheinung, daß er es allerdings der Mühe werth hielt, ihre Erklärung zu unternehmen. Sie ist folgende. Es sey HFG ein Prisma in freyer Luft, und der Zuschauer in S betrachte die Wolken vermittelst des Lichtes, welches durch die Seite FG herein fällt, und von der Grundfläche zurück geworfen wird. Hat nun das Auge nebst dem Prisma eine solche Lage, daß der Einfalls- und Zurückstrahlungswinkel etwa 40 Grad ist, so wird sich ein blauer Bogen MN zeigen, der von einem Ende der Grundfläche nach dem andern hinläuft, und die hohle Seite gegen den Zuschauer kehret. Dabey wird die Grundfläche jenseits des Bogens heller, disseits dunkler scheinen. Dieser blaue Streif entsteht durch nichts, als durch die Zurückstrahlung. Denn man schneide, saget er, die Seitenflächen und die Grundfläche des Prisma mit einer auf sie senkrechten Ebene ABC. Von dem Auge ziehe man an die Durchschnittslinie BC die Linien Sp, St, unter den Winkeln S p C von $50\frac{1}{9}$ Gr. und S t C von $49\frac{1}{28}$ Gr. so wird der Punkt p die Gränze seyn, jenseits welcher keiner von den am meisten brechbaren Strahlen durch die Grundfläche des Prisma kommen und gebrochen werden kann; solchen nämlich, deren Einfallswinkel so beschaffen ist, daß sie nach dem Auge hin zurück geworfen werden können. Eben so wird der Punkt t die Gränze für die am wenigsten brechbaren Strahlen, und der zwischen beyden in der Mitte liegende Punkt r für die mittelartigen Strahlen seyn. Darum werden alle Strahlen von der am wenigsten brechbaren Gattung, die zwischen t und B auffallen, und von da nach dem Auge hinkommen können, nach demselben hin zurückgeworfen werden; aber auf der andern Seite von t werden viele durch die Grundfläche durchgehen. Eben so werden die Strahlen von der brechbarsten Gattung, welche auf die Grundfläche jenseits p so fallen, daß sie nach dem Auge hin kommen können, alle dahin zurückgeworfen werden; aber allenthalben zwischen p und C werden viele dieser Strahlen durch die Grundfläche gehen und gebrochen werden. Auf gleiche Weise verhält es sich auch mit den Strahlen von der Mittelgattung disseits und jenseits des Punktes r. Folglich muß die Grundfläche zwischen t und B allenthalben, wegen der völligen Zurückwerfung der Strahlen, weiß und helle aussehen, dagegen sie zwischen p und C, wegen des Durchganges vieler Strahlen, blaß und dunkel scheinen wird. Aber in r und in andern Stellen zwischen p und t, wo die Strahlen von der brechbarsten Gattung alle zurückprellen, die von den andern Gattungen aber zum Theil durchgehen, werden die am meisten brechbaren wegen ihrer größern Menge die Grundfläche mit der ihnen eigenen Farbe, nämlich violet und blau, färben.

Newtons Erklärung des Regenbogens.

Von dieser Auflösung geht unser vortreffliche Naturkündiger zu der Anwendung seiner neuen Theorie der Farben auf die so vielfältig untersuchten Erscheinungen am Regen-

b) Newtoni Optic. L. I. P. 2. prop. 8. p. 134. *c*) Ibid. exp. 16. p. 137.

Regenbogen. Er fängt dieſe merkwürdige Unterſuchung da an, wo de Dominis und Descartes ſie hatten liegen laſſen müſſen. Denn ſie konnten keine gute Urſache angeben, warum der Regenbogen farbicht iſt, noch viel weniger, warum die Farben ſich in einer gewiſſen Ordnung zeigen.

Wenn die Lichtſtrahlen nicht in der Brechbarkeit verſchieden wären, und nach ihren Graden der Brechbarkeit verſchiedene Farben erzeugeten, ſo würde der Regenbogen nicht allein viel ſchmäler, als er itzt iſt, ſondern auch ganz farbenlos ſeyn. Aus der verſchiedenen Brechbarkeit, und der damit verknüpften verſchiedenen Beſchaffenheit der Farben, läßt ſich ſowohl die Erſcheinung der Farben, als ihre Ordnung am Regenbogen erklären. Es ſey A ein Waſſertropfen, auf welchen von der Sonne S ein Lichtſtrahl fällt, der nach ſeinem Ausgange aus dem Tropfen in das Auge des Zuſchauers kömmt. Dieſer Strahl wird bey dem Eingange in den Tropfen in die einfachen Strahlen, daraus er beſteht, aufgelöſet, und dieſe werden, durch die nochmalige Brechung beym Ausgange noch mehr von einander geſondert. In der Zeichnung ſind von den einfachen Strahlen nur drey vorgeſtellet, darunter die blauen die am meiſten gebrochenen, die rothen die am wenigſten gebrochenen ſind. fig. 58.

Die Lehre von der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichtes ſetzet uns auch in den Stand, die Größe jedes Bogens von einer gewiſſen Farbe anzugeben. Newton hatte die Brechungsſinus der am meiſten und am wenigſten brechbaren Strahlen, beym Uebergange aus Regenwaſſer in Luft, wie 185 und 182, gegen den Einfallsſinus 138 gefunden [d]), und berechnete daraus die Breite des Bogens. Er brachte heraus, daß die Breite des innern Bogens, wenn die Sonne ein phyſikaliſcher Punkt wäre, zween Grade betragen, und alſo, wenn man 30 Min. wegen des ſcheinbaren Durchmeſſers der Sonne hinzuthäte, zuſammen $2\frac{1}{2}$ Gr. ausmachen würde. Da aber die äußerſten Farben, beſonders das Violet, ſehr matt ſind, ſo wird der Bogen wirklich nicht über zween Grade breit ſcheinen. Aus gleichen Gründen fand er auch, daß der äußerſte Bogen, wenn er allenthalben gleich lebhaft gefärbet wäre, 4 Gr. 20 M. breit ſeyn müßte. Allein hier muß man noch mehr wegen der Mattigkeit des Lichtes abrechnen, ſo daß er wirklich nicht über drey Grade breit ſcheinen wird [e]).

Warum Körper von einer gewiſſen Farbe ſcheinen.

Endlich zieht unſer Verfaſſer aus ſeiner vortrefflichen Theorie folgende Bemerkungen zur Erklärung der Farben natürlicher Körper. Farben entſtehen daher, daß einige Körper einige Gattungen von Strahlen heftiger als andere zurückwerfen. So ſendet Mennige die am wenigſten brechbaren, oder die rothen, am häufigſten

d) Newton giebt in ſeiner Optik p. 107 und 142. die Verhältniſſe 109 : 81 und 108 : 81 an, welche für den Einfallsſinus 138 dieſe, 185,7 : 138 und 184 : 138 werden. Montucla hat die Zahlen, wie im Texte angegeben, und citiret Newtons lectiones opt. K.

e) Montucla hiſt. des Mathem. vol. 2. p. 649. (und Newtoni Opt. L. I. P. 2. prop. 9. p. 139. Die daſelbſt angegebenen Maaßen weichen von den oben ſtehenden ab. Es wird die Breite des innern Bogens auf 2° 15′, des äußern auf 3° 40′, beyde mit Hinzuthuung eines halben Grades für den Durchmeſſer der Sonne; der größte Halbmeſſer des innern Bogens auf 42° 17′, und der kleinſte Halbmeſſer des äußern auf 50° 42′ geſetzet.) K.

zurück, und ſcheint daher roth. Veilchen werfen die am meiſten brechbaren am häufigſten zurück, und überhaupt werfen alle Körper die Strahlen, welche zu ihren eigenen Farben gehören, häufiger als die andern zurück. Stellet man Körper in das gleichartige durch Prismen geſonderte Licht, ſo wird jeder an demjenigen Lichte, das mit ſeiner Farbe übereinkömmt, am glänzendſten ausſehen. Zinnober ſieht in dem rothen Lichte am lebhafteſten aus, im grünen Lichte nicht ſo ſehr, und in dem blauen noch weniger. Indigo glänzet am ſchönſten im violetblauen Lichte, und auch im grünen. Damit aber dieſe Verſuche deſto ſtärker in die Augen fallen, muß man Körper von recht hellen Farben nehmen, und auch zween, die verſchiedene Farben gegen einander halten.

Ferner muß man wohl Acht geben, daß das Licht, in welches man ſie ſtellet, gehörig abgeſondert ſey. Denn wenn man die gewöhnlichen prismatiſchen Farben, Körper zu erleuchten, brauchet, ſo werden ſie weder die Farbe zeigen, die ſie bey Tage im Sonnenſcheine haben, noch die, welche man durch das Prisma auf ſie wirft, ſondern eine gewiſſe mittlere, wie er durch die Erfahrung ſich verſicherte. So wird Mennige, wenn ſie von dem gewöhnlichen Grün in den prismatiſchen Farben erleuchtet wird, weder roth noch grün, ſondern orangenfarbig oder gelb ſcheinen, oder auch eine zwiſchen gelb und grün fallende Farbe annehmen, nachdem das grüne Licht, welches man darauf fallen läßt, weniger oder mehr rein iſt. Denn weil Mennige in dem weißen Sonnenlichte, worinne alle Gattungen von Strahlen gleich ſtark zu einander gemiſcht ſind, roth ſcheint, in dem grünen Lichte die Strahlen aber ungleich gemengt ſind, ſo werden die darinne in größerer Menge befindlichen gelben, grünen und blauen Strahlen, der Mennige eine grünlichte Farbe geben. Weil aber auf der andern Seite die Mennige die gelben Strahlen nach der rothen am häufigſten zurückwirft, ſo werden dieſe in dem zurückgeworfenen Lichte verhältnißmäßig häufiger ſeyn, als in dem auffallenden, und die Mennige wird daher weder grün noch roth ausſehen, ſondern eine zwiſchen beyden liegende Farbe annehmen.

Flüßiger Körper der Farbe verändert ſich mit der Dicke.

Durchſichtige gefärbte Flüßigkeiten pflegen ihre Farben nach der Dicke zu verändern. So ſcheint in einem kegelförmigen Gefäße eine rothe Flüßigkeit, die man zwiſchen das Licht und das Auge hält, unten zunächſt dem Boden, wo ſie dünner iſt, blaßgelb; etwas höher, wo ſie dicker iſt, orangenfarbig; wo ſie noch dicker iſt, roth, und wo ſie am dickſten iſt, ſehr dunkelroth. Denn man muß ſich vorſtellen, daß eine ſolche Flüßigkeit die indigo- und violetfärbigen Strahlen am leichteſten, die blauen und grünen nicht ſo leicht, die rothen am wenigſten aufhalte. Hieher

Halleys Beobachtung in der Tiefe des Meeres.

gehöret eine Beobachtung, welche Dr. Halley unſerm Verfaſſer erzählete. Da dieſer an einem ſchönen ſonnichten Tage ſich ſehr tief ins Meer in einer Täucherglocke hinunter gelaſſen hatte, fand er den obern Theil ſeiner Hand, worauf die Sonne durchs Waſſer ſchien, roſenfarbicht, und das Waſſer unter ſich, wie auch den Untertheil ſeiner Hand grün gefärbet. Hieraus ſchließt unſer Verfaſſer, das Seewaſſer werfe die violetnen und blauen Strahlen am häufigſten zurück, und laſſe die rothen ganz frey und in großer Menge bis auf eine große Tiefe durch. Denn

auf

auf ſolche Art muß das gerade auffallende Sonnenlicht in großen Tiefen roth ſcheinen, und deſto ſtärker, je größer die Tiefe iſt. Weil auf große Tiefen herunter die violetnen Strahlen durchzudringen zu ſchwach ſind, ſo werden die blauen, grünen und gelben Strahlen, welche häufiger als die rothen von unten zurück geworfen werden, die grüne Farbe erzeugen.

Zwey durchſichtige Feuchtigkeiten werden undurchſichtig.

Wenn zwo ſtark gefärbte Flüßigkeiten, z. E. eine rothe und blaue, von ſolcher Dicke, daß ihre Farben recht völlig erſcheinen, jede für ſich durchſichtig ſind, ſo werden ſie es doch nicht bleiben, wenn man durch beyde zugleich ſieht. Denn gehen bloß die rothen Strahlen durch die eine Flüßigkeit, und bloß die blauen durch die andere, ſo werden durch beyde zugleich gar keine kommen können. Eine ſolche Beobachtung machete, wie oben erzählet iſt, Dr. Hoocke zufälliger Weiſe mit zwey gläſernen Prismen, die er mit einer rothen und blauen Flüßigkeit angefüllet hatte, und ward über dieſes unerwartete Ereigniß, deſſen Urſache er nicht ergründen konnte, ſehr erſtaunet. Dieſes Umſtandes wegen verläßt ſich unſer Verfaſſer deſto mehr auf den Verſuch, ungeachtet er ihn nicht ſelbſt wiederholet hat. Doch räth er demjenigen, der ihn nachahmen wollte, an, Flüßigkeiten von recht guter und völliger Farbe zu nehmen.

Körper verſchlucken einen Theil des auffallenden Lichtes.

Da nun die Körper eine gewiſſe Farbe zeigen, weil ſie Strahlen von einer gewiſſen Gattung in größerer Menge als andere durchlaſſen oder zurückwerfen, ſo nimmt unſer Verfaſſer an, daß ſie die nicht durchgelaſſenen oder zurückgeworfenen Strahlen aufhalten und gleichſam verſchlucken. Sieht man ein Licht durch Blättchengold an, ſo ſcheint es grünlichtblau; alſo läßt dichtes Gold nach unſerm Verfaſſer die blauen Strahlen in ſich herein, wirft ſie in ſeinem innern hin und her zurück, bis ſie darinne verſchlungen und verlohren ſind; die gelben Strahlen ſchicket es zurück, und ſieht daher gelb aus.

Warum Körper ihre Farben mit der Lage des Auges verändern.

So iſt es auch mit gewiſſen Flüßigkeiten, als der Tinctur vom nephritiſchen Holze, und einigen Arten Glas beſchaffen, welche gewiſſe Gattungen von Strahlen in größerer Menge durchlaſſen, und andere häufiger zurück ſenden, daß ſie daher, nach der Lage des Auges gegen das Licht, verſchiedentlich gefärbt ſcheinen. Wenn man dieſe Feuchtigkeiten und Gläſer ſo dicke und ſtark nähme, daß gar kein Licht durchdringen könnte, ſo würden ſie, wie er nicht zweifelt, ob er gleich keinen Verſuch darüber gemachet hat, ſo wie alle andere undurchſichtige Körper, nur einerley Farbe in jeder Stellung des Auges zeigen. Denn alle gefärbte Körper, ſaget er, ſind, ſo viel er es verſuchet habe, im Stande, Licht durchzulaſſen, wenn ſie nur dünne genug ſind, ſo daß alle undurchſichtige Körper gewiſſermaßen als durchſichtige angeſehen werden können, uud von durchſichtigen gefärbten Flüßigkeiten ſich nur dem Grade der Durchſichtigkeit nach unterſcheiden; weil durch eine zu große Dicke auch dieſe letztern undurchſichtig werden.

Ein durchſichtiger Körper, der bey durchgelaſſenem Lichte eine gewiſſe Farbe zeiget, kann auch bey zurückgeworfenem Lichte eben dieſe Farbe haben, wenn die hintere Fläche, oder die Luft hinter demſelben, Licht von ſolcher Farbe zurückſendet. In dieſem Falle, glaubet er, werde man dieſe Farbe, die von der Zurückwerfung ent-

entsteht, vermindern oder ganz vernichten können, wenn man den Körper sehr dicke machet, und ihn hinten mit Pech überzieht, damit nicht die Hinterfläche sondern die Theile des Körpers selbst, das Licht zurückwerfen mögen. Alsdenn, vermuthet er, werde die Farbe vom zurückgeworfenen Lichte anders als vom durchgelassenen ausfallen *f*).

Zusatz des Uebersetzers.

Die Newtonianische Theorie des Regenbogens.

Der Regenbogen ist unter so vielen andern ein einleuchtendes Beyspiel, wie wenig man in der eigentlichen Physik ohne die höhere Mathematik fortzukommen im Stande sey. Ich hoffe daher, solchen Lesern, die mit den höhern Rechnungen einigermaßen bekannt sind, einen Gefallen zu thun, wenn ich sie Beweise von Newtons Lehrsätzen vom Regenbogen auf eine sehr kurze Art finden lehre.

1. Es sey z der Einfallswinkel, y der Brechungswinkel. Das Brechungsverhältniß m : n, daß n sin z = m sin y. Ich sage, daß $dy = \frac{n\sqrt{(1-\sin z^2)}}{\sqrt{(mm-nn\sin z^2)}}dz$. Denn es folget aus jener Gleichung, $n\,dz\sqrt{(1-\sin z^2)} = m\,dy\sqrt{(1-\sin y^2)}$, und daraus, durch die Substitution des sin z für sin y der Satz.

2. Es sey der Kreis ADEBF der größte Kreis einer Kugel, deren Mittelpunkt C, auf welche in D der Strahl SD falle, welcher nach DE gebrochen, nach EF zurückgeworfen wird, und nach FG ausfährt. Die Strahlen GF, SD verlängert schneiden sich in X, ich sage, daß SXG = 4 CDE — 2 CDX.

Denn man ziehe den Halbmesser CE; dieser wird verlängert auch durch X gehen, und den Winkel X so wie DEF halbiren. Es ist also EXD = CED — EDX = CDE — (CDX — CDE) = 2CDE — CDX, woraus der Satz folget.

3. Dieser Winkel X ist anfangs null, wenn der Strahl nach dem Durchmesser AB hereinfährt. So wie SD parallel mit AB weiter fortrücket, wird X eine Zeitlang wachsen. Es muß aber darinn ein Stillstand erfolgen, weil die Sinus der Winkel CDE, CDX gleichförmig wachsen, also die Winkel ungleichförmig, und der größere Winkel CDX stärker als der kleinere CDE.

4. Der Winkel GXS ist am größten, wenn $\sin CDX = \frac{\sqrt{(4\,nn-mm)}}{\sqrt{3\,nn}}$; denn es sey GXS = x; CDX = z; CDE = y, und das Verhältniß der Brechung m : n. Weil x = 4y — 2z, so ist, wenn x ein Größtes, dx = 0; also 4dy = 2dz. Setzt man hier für dy seinen Werth aus (1) und dividiret die Gleichung mit dz, so bekömmt man durch eine leichte Rechnung die Formel des Satzes.

5. Es

f) Newtoni Optices, L. 2. P. prop. I. 10. p. 148.

5. Es folget hieraus $\text{cof } z = r\frac{mm - nn}{3nn}$, wie es Newton lehret.

6. Wenn für eine gewiſſe Gattung von Strahlen, z. E. die rothen, der Winkel X ein Größtes iſt, ſo wird für jeden Strahl auf einer Seite von SD auf der andern einer ſeyn, der mit jenem beym Ausfahren beyder parallel wird. Die zunächſt bey SD einfallenden dieſer Gattung werden alle faſt parallel wieder ausfahren, weil der Winkel X ſeinem größten Werthe langſam ſich ſowohl nähert, als davon entfernet. Ein Auge, das in der Linie FG ſich befindet, bekömmt demnach dieſe Strahlen nicht allein parallel, wie von der Sonne ſelbſt, ſondern auch in weit größerer Menge, als die Strahlen anderer Gattungen, welche es in dieſer Lage zerſtreuet, und in geringer Menge bekömmt. Folglich erhält das Auge durch dieſe Parallelſtrahlen die Empfindung der Farbe, welche ihnen eigen iſt.

7. Man betrachte erſtlich die Sonne wie einen leuchtenden Punkt, ſo iſt der Winkel X der Halbmeſſer eines Kreiſes, von einer gewiſſen Farbe, in Graden nämlich. Denn wenn man durch das Auge G eine Linie nach der Sonne zieht, ſo iſt dieſe mit SD parallel, und jede Linie wie GF, welche mit derſelben den Winkel X, wie er in (4) beſtimmet iſt, machet, geht nach einem Tropfen, der die Farbe der Strahlen zeiget, für welche das Verhältniß m : n gilt. Dieſe Tropfen machen alſo einen Kreisbogen.

8. Wegen des Durchmeſſers der Sonne wird aus jedem Kreisbogen ein Streif von concentriſchen Bogen, die alle einerley Farbe haben. Dieſe farbichten Streifen von verſchiedener Art laufen aber eben ſo in einander, wie es die Farben des prismatiſchen Sonnenbildes thun.

9. Der Strahl SD werde in der Kugel zweymal zurückgeworfen, in E und F; und fahre in H nach HU heraus; ſo iſt der Winkel des ausfahrenden mit dem einfallenden, HUD = 2R + 2 CDX — 6 CDE. Der Beweis iſt leicht, weil in dem Vielecke DEFHU die Winkel D, E, F, H, wovon die beyden mittlern, ſo wie D und H gleich ſind, durch CDX und CDE gegeben werden. fig. 59.

10. Der Winkel HUD fängt von 2R an, nimmt alſo anfangs ab, und weil CDE immer in kleinerm Maaße wächſt, als CDX, nimmt er immer weniger ab. Folglich iſt hier eine Gränze der Abnahme zu ſuchen, für welche HUD ein Kleinſtes iſt.

11. Es iſt HUD ein Kleinſtes, wenn $\text{ſin CDX} = r\frac{9nn - mm}{8nn}$. Denn es ſey CDX = z; CDE = y; HUD = u, das Verhältniß der Brechung m : n; weil u = 2R + 2Z — 6y, ſo iſt, wenn u ein Kleinſtes, du = o, und 2dz — 6dy = o, hieraus folget vermittelſt (1) der Satz.

12. Es iſt alsdenn $\text{cof } z = r\frac{mm - nn}{8nn}$, wie Newton lehret.

13. Ein Auge auf der Linie HU bekömmt von den Parallelſtrahlen, wie SD, diejenigen, für welche das Verhältniß der Brechung m : n iſt, wiederum parallel und in größerer Menge als die übrigen Gattungen. Daher ſieht es durch ſie auf

der Kugel die Farbe, die ihnen zugehöret. Der Winkel HUD mißt den Halbmesser des Bogens, welchen die Tropfen von dieser Farbe an dem äußern Regenbogen einnehmen, die Sonne für einen Punkt genommen.

14. Zur Berechnung der Winkel X und U wird man wohl thun, z durch den Werth des Cosinus (5. 12) zu suchen. Hieraus ergiebt sich y, und daraus x oder u.

15. Newton giebt noch Formeln für weitere Berechnungen und Zurückwerfungen an, welche nach der obigen Methode sich finden lassen. Man darf nur bemerken, daß der Halbmesser der Kugel mit dem ausfahrenden Strahle immer denselben Winkel CDX machet, und seine Lage gegen AB immer um den Winkel DCE ändert; daraus man also die Lage des Strahles gegen AB, und also auch gegen SD leicht bestimmet.

Vierter Abschnitt.

Von den Farben dünner Körper.

Auf eine so überzeugende Art entwickelte dieser große Mann verschiedene wichtige Eigenschaften des Lichtes und der Farben; bewies, daß jede besondere Farbe von Strahlen mit besondern und bestimmten Graden der Brechbarkeit hervorgebracht wird; und zeigete, daß die natürlichen Körper diese oder jene Farbe haben, nachdem sie diese oder jene Gattung von Strahlen zurückwerfen. Hierauf fährt er weiter fort, auch die Ursachen zu erforschen, warum gewisse Körper eine gewisse Gattung von Strahlen vor den andern zurückzuwerfen geneigt sind, und zeiget sich auch hierbey als einen großen Naturkündiger und Mathematiker, wenn er uns gleich in diesem Stücke nicht so völlig Genüge thut, wie in dem ersten Theile seines Werkes.

Veranlassung dieser Untersuchungen.

Zwo Beobachtungen scheinen ihn zu diesen merkwürdigen Untersuchungen veranlasset zu haben. Dr. Hooke hatte bemerket, daß dünne durchsichtige Körper, besonders Blasen aus Wasser und Seife, nach Maaßgabe ihrer Dicke, verschiedentlich gefärbt scheinen, und, wenn sie ziemlich dicke sind, farbenlos werden. Ferner bemerkete er selbst, wie er zwey Prismen hart an einander drückete, um ihre Seitenflächen, die von ohngefähr ein wenig convex waren, einander berühren zu lassen, daß diese an der Berührungsstelle so vollkommen durchsichtig wurden, als wären beyde nur ein Stück Glas gewesen, denn da das Licht auf die an den andern Stellen zwischen den Prismen befindliche Luft so schief fiel, daß es alles zurückgeworfen ward, so schien es an der Berührungsstelle alles durchzugehen, dergestalt daß diese Stelle, wenn man darauf sah, wie ein dunkler schwarzer Fleck, und wenn man hindurch sah, wie ein Loch erschien, das durch diejenige Luft gieng, welche von dem Zusammendrücken der Prismen zwischen ihren Seitenflächen, wie eine dünne Scheibe lag. Durch dieses Loch konnte man die Gegenstände jenseits der Prismen deutlich erkennen, wiewohl man sie durch die andern Theile derselben, zwischen welchen Luft befindlich war, nicht sehen konnte. Ungeachtet die Glasflächen etwas erhoben waren, war die durchsichtige Stelle ziemlich groß, welches daher zu rühren schien,

ſchien, daß die Theile des Glaſes beym Zuſammendrücken ein wenig nachgaben. Denn wenn er die Gläſer feſt zuſammendrückete, ſo ward ſie viel größer als vorher.

Wie die Luftſcheibe durch die Umdrehung der Prismen um ihre gemeinſchaftliche Mittellinie ein ganz weniges gegen die einfallenden Strahlen geneiget ward, ſo daß einige durchzugehen anfiengen, ſo entſtanden auf derſelben eine Menge ſchmaler gefärbter Bogen, die zuerſt die Geſtalt einer Muſchellinie hatten, wie es in der fig. 60 abgezeichnet iſt. Durch die fernere Umdrehung der Prismen nahmen dieſe Bogen immer mehr zu, und krümmeten ſich immer ſtärker nach den beſagten durchſichtigen Flecken, bis ſie endlich zu völligen Kreiſen oder Ringen um denſelben wurden, und ſich folgends allmählig zuſammenzogen a). fig. 60.

Farbichte Ringe an zwey Objectivgläſern.

Um die Ordnung der Farben, welche, wie er glaubete, von der dünnen Luftſcheibe zwiſchen den Gläſern entſtand, mit mehrerer Genauigkeit zu beobachten, nahm er zwey Objectivgläſer, ein planconveres, das zu einem Fernrohre von 15 Fuß gehörete, und ein großes auf beyden Seiten converes aus einem Fernrohre von etwa 50 Fuß. Das erſtere legete er, mit der ebenen Fläche unterwärts gekehret, auf das letztere, und drückete ſie ſanfte auf einander, daß dadurch die Farben in der Mitte der Kreiſe nach der Ordnung entſtünden. Auf dieſe Art war er im Stande, die Ordnung und Beſchaffenheit der Farben von dem Mittelflecken an bis auf eine ziemliche Entfernung deutlich wahrzunehmen.

Nächſt dem durchſichtigen Flecken in der Mitte, der von dem Zuſammendrücken der Gläſer entſtand, kam blau, darauf weiß, gelb und roth. Des Blauen war ſo wenig, daß er es in den Kreiſen, die an den Prismen waren, nicht hatte erkennen können; auch konnte er kein Violet daran gewahr werden; dagegen war des Gelben und Rothen ziemlich viel da, und ſchien eben ſo viel Raum als das weiße, und vier- bis fünfmal mehr als das Blaue einzunehmen. Die nächſtfolgende Reihe von Farben beſtand aus violet, blau, grün, gelb und roth, und dieſe waren alle völlig und lebhaft, ausgenommen das Grüne, das nur in kleiner Menge und dabey blaſſer und matter als die übrigen Farben war. Von den andern vier Farben nahm Violet den kleinſten Raum, und Blau weniger als Gelb oder Roth ein. Die dritte Reihe von Farben waren purpur, blau, grün, gelb und roth. Hier ſchien der Purpur röthlicher als das Violet in der vorhergehenden Reihe, und das Grüne war viel beſſer zu erkennen, weil es, das Gelbe ausgenommen, allen andern Farben an Helligkeit und Stärke gleich kam. Aber das Rothe hatte ſich etwas verfärbet, und näherte ſich dem Purpur beträchtlich. Die vierte Reihe enthielt grün und roth, davon das erſtere ſtark und lebhaft war, und auf der einen Seite ins Blaue, auf der andern ins Gelbe fiel. Allein in dieſer Reihe war kein Violet, Blau oder Gelb, und das Rothe war ſehr unvollkommen und ſchmutzig. Die übrigen Farben wurden immer unſcheinbarer und blaſſer, bis daß ſie nach drey oder vier Reihen ſich ins Weiße verlohren.

a) Newtoni Optices, L. II. P. I. obſ. 1. 2. p. 161.

Dicke der farbichten Luftscheibchen.

Die Entfernungen zwischen den Gläsern, oder die Dicke der Luftscheibe, welche er für die Ursache der Farben ansah, zu erfahren, maaß er die Durchmesser der ersten sechs Ringe, an den Stellen, wo sie am hellesten waren, und fand, daß die Quadrate derselben sich wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, verhielten. Da nun eines der Gläser eben, das andere kugelrund war, so mußten die Entfernungen derselben an den Stellen, wo die Ringe erschienen, eben diese arithmetische Reihe ausmachen. Er maaß auch die Durchmesser der schwarzen oder dunklern Ringe, die zwischen den hellern lagen, und fand, daß ihre Quadrate die Fortschreitung der geraden Zahlen 2, 4, 6, 8, 10, 12 beobachteten. Diese Messungen, die wegen ihrer Feinheit sehr mißlich waren, wiederholete er mehrmals und an verschiedenen Stellen der Gläser [b].

Darauf maaß er, mit der ihm gewöhnlichen Vorsicht und Genauigkeit, die Dicke der Luftscheibe, und fand sie an dem ersten dunkeln Ringe, an dem dunkelsten Theile desselben, für senkrecht auffallende Strahlen, in der nächsten runden Zahl, $\frac{1}{89000}$ eines Zolles groß. Die Hälfte dieses Bruches multipliciret in die Glieder der arithmetischen Progreßion 1, 3, 5, 7, 9, 11 ꝛc. giebt die Dicke der Luft an allen den Ringen, an der Stelle, wo sie am hellesten sind, und die arithmetischen Mittelzahlen derselben werden die Dicken an den dunkelsten Theilen der dunkeln Ringe [c].

Farbichte Ringe beym Durchsehen.

Beym Durchsehen durch die beyden sich berührenden Objectivgläser fand er, daß die dazwischen liegende Luft vermittelst des durchgehenden Lichtes eben sowohl wie vermittelst des zurückgeworfenen farbichte Ringe darstellete. Der Flecken in der Mitte war nun weiß, und die Farben waren von da an nach der Ordnung folgende: gelblichroth; schwarz; violet, blau, weiß, gelb, roth; violet, blau, grün, gelb, roth, u. s. w. Aber diese Farben waren sehr matt und blaß; nur, wenn das Licht sehr schief durch die Gläser gieng, wurden sie helle und lebhaft. Doch blieb das erste gelbliche Roth, wie das Blaue in dem obigen Versuche, so wenig und matt, daß man es kaum erkennen konnte. Da er diese farbichten Ringe bey durchgehendem Lichte mit denen, welche vom zurückgeworfenen entstanden, verglich, so fand er, daß das Weiße dem Schwarzen, das Rothe dem Blauen, das Gelbe dem Violet, und das Grüne einer Mischung aus Roth und Violet gegen über lag.

fig. 61. Dieses erkläret die fig. 61, worinne AB, CD die sich in E berührenden Flächen der Gläser, und die dazwischen gezogenen Linien ihre Entfernungen darstellen, welche in arithmetischer Fortschreitung stehen. Die oben gesetzten Farben sieht man bey zurückgeworfenem, die darunter gesetzten bey durchgehendem Lichte [d].

Diese

b) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 4. 5. p. 165.

c) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 6. p. 167. N. fand den Durchmesser des sechsten Ringes an der hellesten Stelle 0, 55 eines Zolles groß. Das auf beyden Seiten erhabene Glas gehörete zu einer Kugel von 102 Fuß im Durchmesser. Bey einem Convexglase, das zu einer Kugel von 15 F. 2. Zoll im Duchmesser gehörete, fand er den Halbmesser des fünften Ringes nur $\frac{8}{79}$ eines Zolles groß. K.

d) Newtoni Optices L. II. P. I. obs. 9. p. 172.

Dieſe beſchriebenen Farben entſtanden, nach Newtons Meynung, von einer dünnen zwiſchen den Gläſern befindlichen Scheibe Luft. Wie er Waſſer dazwiſchen brachte, und die Ringe nun maaß, fand er das Verhältniß ihrer Durchmeſſer und der Durchmeſſer der ähnlichen Kreiſe, welche ſich vermittelſt der Luft gezeiget hatten, ohngefähr wie 7 zu 8; daß alſo die Entfernungen der Gläſer an den ähnlichen Kreiſen bey Waſſer und bey Luft ſich faſt wie 3 zu 4 verhielten. Daraus ſchließt unſer Verfaſſer, daß, wenn ein anderes dichteres oder dünneres Mittel als Waſſer zwiſchen den Gläſern zuſammengedrücket wird, das Verhältniß der Entfernungen der Gläſer von einander an ähnlichen Ringen bey dieſem Mittel und bey Luft dem Brechungsverhältniſſe aus dieſem Mittel in Luft gleich ſeyn werde, er giebt dieſes aber nur als eine vermuthliche Regel an *e*). Veränderung des Verſuches mit Waſſer.

Eine merkwürdige Erſcheinung zeigete ſich unſerm Verfaſſer, wie er die vom Waſſer zwiſchen den Gläſern verurſachten Farben unterſuchete. Wenn er das obere Glas an ſeinem Rande hin und wieder andrückte, damit dadurch die Farben ſich geſchwinde hin und her bewegen möchten, ſo folgete dem Mittelpunkte derſelben ſogleich ein kleiner weißer Flecken nach, der, ſobald das da herum befindliche Waſſer dieſe Stelle erreichete, verſchwand. Luft war es nicht, ob es gleich viel ähnliches damit hatte. Denn die kleinen Luftblaſen, wenn dergleichen im Waſſer waren, verſchwanden nicht ſogleich, wenn das Waſſer heranſtieg. Er glaubet deswegen, daß dieſe Zurückſendung des Lichtes durch ein ſehr dünnes Mittel, welches dem herantretenden Waſſer durch die Gläſer hin ausgewichen wäre, verurſachet ſey *f*). Aber wahrſcheinlich war dieſer weiße Flecken nichts als ein leerer Raum, und gar kein Fluidum.

Die farbichten Ringe noch beſſer zu beobachten, verdunkelte unſer Naturforſcher ſein Zimmer, und betrachtete ſie vermittelſt des farbichten, durch ein Prisma auf einen Bogen weißes Papier geworfenen Lichtes, dabey er ſich ſo ſtellete, daß er das Papier mit ſeinen Farben, durch die Zurückſtrahlung auf den Gläſern, wie in einem Spiegel, erblickete. Solchergeſtalt wurden die Ringe weit deutlicher, und in weit größerer Anzahl ſichtbar als in freyer Luft. Er zählete bisweilen mehr als zwanzig ſolcher Ringe, da er ſonſt nicht über achte oder neune erkennen konnte *g*). Farbichte Ringe durch ungewiſſes Licht.

Er ließ durch einen Gehülfen das Prisma um ſeine Axe drehen, daß die Farben eine nach der andern auf diejenige Stelle des Papieres fielen, welche er in den Gläſern ſah, und fand, daß die Kreiſe, welche durch rothes Licht entſtanden, augenſcheinlich größer, als die durch blaues und violetnes hervorgebrachten waren. Mit großem Vergnügen ſah er ſie allmählig ſich erweitern oder zuſammenziehen, ſo wie die Farbe des Lichtes verändert ward. Die Zwiſchenweiten der Gläſer an jedem Ringe, der durch das äußerſte rothe Licht entſtand, verhielten ſich zu den Zwiſchenweiten an eben demſelben bey dem äußerſten violetnen, nach den meiſten Beobachtungen wie 14 zu 9 *h*). Aus ſeinen fernern Verſuchen ſchließt er, daß die Dicken der Luft zwiſchen den Gläſern Muſikaliſches Verhältniß der

e) Newtoni Optices, L. II. P. I. obſ. 10. p. 173.
f) ibid. L. II. P. I. obſ. 11. p. 173.
g) ibid. L. II. P. I. obſ. 12. p. 174.
h) ibid. L. II. P. I. obſ. 13. p. 174.

Ringe von verschiedenen Strahlen.

sern an der Stelle, wo die Gränzen der sieben Farben, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violet, nach der Reihe Ringe machen, sich verhalten wie die Cubicwurzeln aus den Quadraten der acht Längen einer Seite, welche in der Octave die Töne, c, d, dis, f, g, a, b, c, angeben, das ist, wie die Cubicwurzeln aus den Quadraten der Zahlen, 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ [i]).

Wichtiger Versuch mit diesen Ringen.

Diese Ringe hatten keine verschiedene Farben, wie die im freyen Lichte, sondern bloß diejenige, welche von dem Prisma her auf sie fiel. Wie er das Licht von dem Prisma unmittelbar auf die Gläser fallen ließ, fand er, daß das Licht, welches auf die schwarzen Zwischenräume zwischen den gefärbten Ringen traf, durch die Gläser ohne irgend eine Veränderung seiner Farbe durchgieng. Denn auf einem hinter den Gläsern angebrachten weißen Papiere malete dieses Licht Ringe von einerley Farbe, mit denen, die man mittelst des zurückgeworfenen Lichtes sahe, und so groß wie die Zwischenräume dieser letztern. Hieraus, saget unser Verfasser, erhellet ganz deutlich, was die Ursache der Ringe sey; dieses nämlich, daß die zwischen den Gläsern befindliche Luft, nach Maaßgabe ihrer Dicke, das Licht einer jeden Farbe an einigen Stellen zurücksendet, an andern durchgehen läßt, und daß sie an derselben Stelle, wo sie Licht von einer gewissen Farbe durchläßt, Licht von einer andern zurücksendet [k]).

Newtons Beobachtungen an Seifenblasen.

Alle diese Beobachtungen waren an einem dünnern Mittel, das von einem dichtern umgeben war, angestellet. Hierauf geht er aber zu den Erscheinungen der Farben über, welche an einem dichtern zwischen einem dünnern eingeschlossenen Mittel sich zeigen, wie an den Blättern des Russischen Glases, Wasserblasen ꝛc. Er fand, daß die unter solchen Umständen entstehenden Farben viel lebhafter waren, als die, welche durch ein dünneres Mittel zwischen einem dichtern hervorgebracht werden [l]). Seifenblasen hatten vermuthlich lange schon Kindern zur Belustigung gedienet, ehe Boyle und Hooke sie ihrer Aufmerksamkeit würdigten. Nunmehr aber wurden sie unter den Händen eines noch größern Naturforschers, der sie so vortrefflich zu nutzen wußte, eine Sache von großer Wichtigkeit.

Nachdem Newton alle besondern Umstände bey der Erscheinung dieser Farben erzählet [m]), bemerket er, daß sie mit den oben beschriebenen, welche von der Luft zwischen den Gläsern entstehen, eine große Aehnlichkeit haben. Die Farbenringe an der Seifenblase wurden auch desto breiter, wenn er sie schief ansah, aber nicht so sehr, wie es die Farbenringe an den Gläsern gethan hatten. Eben so, führet er an, habe er auch bisweilen bemerket, daß die Farben am polirten Stahle, wenn er geglühet wird, oder an Glockenspeise und andern Metallen, wenn sie geschmolzen sind, und auf die Erde, um zu erkalten, gegossen werden, sich etwas verändern, nachdem man sie mehr oder weniger schief ansieht, wiewohl weit weniger als die Farben eines Wasserhäutchens [n]).

Damit

i) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 14. p. 175.
k) ibid. L. II. P. I. obs. 15. p. 177.
l) ibid. L. II. P. I. obs. 22. p. 186.
m) ibid. L. II. P. I. obs. 17. 18. p. 178.
n) ibid. L. II. P. I. obs. 19. p. 184.

Damit man nicht denken möchte, es könnten dieſe Farben von etwas anders als von der Dicke der dünnen Scheibe herrühren, ſo benetzete er unter andern auch ein ſehr dünnes Blättchen Ruſſiſchen Glaſes mit Waſſer, fand aber, daß die Farben nur matter und ſchwächer wurden. Die Art blieb einerley o).

Helligkeit der Ringe.

Bey der Vergleichung der Menge des Lichtes, welches die verſchiedenen Ringe zurückſenden, fand er die innern Ringe am hellſten, die äußern aber einen nach dem andern allmählig ſchwächer am Lichte. Auch war die Weiße des erſtern Ringes glänzender als die Weiße des dünnern Mittels außerhalb der Ringe p).

Das Prisma zeiget ſehr viel Ringe.

Wenn er die Farbenringe an den Gläſern durch ein Prisma betrachtete, ſo konnte er derſelben bis vierzig erkennen, da er mit bloßem Auge nicht über acht oder neun unterſcheiden konnte q).

Erinnerung.

Als ich mit Hrn. Michell mich über den Inhalt dieſes Abſchnittes unterredete, fiel es ihm ſogleich bey, daß weil eine Menge unten anzuführender Bemerkungen es hinlänglich beweiſen, die Farbenringe hangen nicht von der Luftſcheibe ab, die Wirkung des zwiſchen die Gläſer gebrachten Waſſers nur darinne beſtehen möge, daß es die Gläſer von einander hebt, dadurch die Ringe von ſelbſt kleiner werden. Etwas ähnliches, führete er mir an, zeige ſich an manchen Körpern, wenn man Waſſer in ſie hineinbringt, als an Thon, der von der Feuchtigkeit immer anſchwillt. Seilen geht es eben ſo, wenn ſie benetzet werden. Die Kraft, welche dieſe Körper ſolchergeſtalt ausdehnet, iſt faſt unbegreiflich, dagegen die Theile des Glaſes einem leichten Drucke nachgeben.

Fünfter Abſchnitt.

Anwendung der vorhergehenden Beobachtungen auf die Erklärung der Farben natürlicher Körper.

Zerfällung der Farben der Ringe in die prismatiſchen.

So neu und auffallend die in dem vorigen Abſchnitte erzählten Beobachtungen von den Farben dünner durchſichtiger Scheiben auch ſind, ſo begnügete ſich unſer Verfaſſer doch nicht damit, ſie ſo genau unterſuchet zu haben, ſondern bemühete ſich, ſeine Erfahrungen zur Erklärung der Farben natürlicher Körper anzuwenden. Zu dem Ende trägt er erſtlich eine ſinnreiche mathematiſche Verzeichnung vor, durch die man im Stande iſt, die prismatiſchen Farben, welche jeden der oben beſchriebenen Ringe bilden, geſchwind und richtig anzugeben. Es ergiebt ſich aus derſelben, daß die Farben zunächſt den Centralflecken, welche von dem dünnſten Theile der Luftſcheibe

o) Newtoni Optices, L. II. P. I. obſ. 21. p. 185.

p) Newtoni Optices, L. II. P. I. obſ. 23. p. 186. Dr. Jurin glaubet, daß Newton ſich, was den lichthellen Ring betrifft, geirret, und ihn für breiter, als er wirklich war, gehalten habe, weil er gleich an dem ſchwarzen Flecken lag, wovon die Urſache ſchon oben beyläufig angeführet und unten noch umſtändlicher wird erkläret werden. Jurins Verſuch vom deutlichen und undeutlichem Sehen, p. 171. (Käſtners Lehrbegriff der Optik S. 514.)

q) Newtoni Optices, L. II. P. I. obſ. 24. p. 186.

ſcheibe hervorgebracht werden, die einfachſten, und daß die übrigen mit mancherley andern Farben verſetzet ſind, bis ſie ſich zuletzt ins Weiße verlieren [a]).

Tafel der Dicke farbichter Blättchen.

Aus den Gründen, woraus dieſe Verzeichnung hergeleitet iſt, berechnete er folgende nützliche Tafel, worinne die Dicken der Luft, des Waſſers und des Glaſes, in welcher die Farben jeder Reihe am hellſten und reinſten erſcheinen, in Millionentheilchen eines Zolles angegeben ſind [b]).

Dicke der farbichten Blättchen und Theilchen von

		Luft	Waſſer	Glas
Farben der erſten Reihe	Sehr ſchwarz	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{11}$
	Schwarz	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{20}{21}$
	Schwärzlich	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{7}$
	Blau	$2\frac{2}{7}$	$1\frac{4}{7}$	$1\frac{1}{2}\frac{1}{0}$
	Weiß	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{2}{7}$
	Gelb	$7\frac{1}{9}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{2}{7}$
	Orange	8	6	$5\frac{1}{7}$
	Roth	9	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{4}{7}$
der zwoten Reihe	Violet	$11\frac{1}{7}$	$8\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{7}$
	Indigo	$12\frac{5}{7}$	$9\frac{5}{8}$	$8\frac{2}{1}\frac{1}{1}$
	Blau	14	$10\frac{1}{2}$	9
	Grün	$15\frac{1}{8}$	$11\frac{1}{3}$	$9\frac{5}{7}$
	Gelb	$16\frac{2}{7}$	$12\frac{1}{7}$	$10\frac{2}{7}$
	Orange	$17\frac{2}{9}$	13	$11\frac{1}{7}$
	Hellroth	$18\frac{1}{3}$	$13\frac{3}{4}$	$11\frac{5}{7}$
	Scharlach	$19\frac{2}{3}$	$14\frac{3}{4}$	$12\frac{2}{3}$
der dritten Ordnung	Purpur	21	$15\frac{3}{4}$	$13\frac{1}{2}\frac{1}{0}$
	Indigo	$22\frac{1}{10}$	$16\frac{4}{7}$	$14\frac{1}{4}$
	Blau	$23\frac{2}{7}$	$17\frac{1}{2}\frac{1}{0}$	$15\frac{1}{10}$
	Grün	$25\frac{1}{7}$	$18\frac{9}{10}$	$16\frac{1}{4}$
	Gelb	$27\frac{1}{7}$	$20\frac{1}{3}$	$17\frac{1}{2}$
	Roth	29	$21\frac{3}{4}$	$18\frac{5}{7}$
	Bläulicht roth	32	24	$20\frac{2}{3}$
der vierten Ordnung	Bläulicht grün	34	$25\frac{1}{2}$	22
	Grün	$35\frac{2}{7}$	$26\frac{1}{2}$	$22\frac{3}{4}$
	Gelblich grün	36	27	$23\frac{2}{9}$
	Roth	$40\frac{1}{3}$	$30\frac{1}{4}$	26

der

a) Newtoni Optices, L. II. P. 2. p. 189.

b) ibid. L. II. P. 2. p. 195. (Newton ſetzet hierbey nach der oben angeführten muthmaßlichen Regel voraus, daß für dieſelbe Farbe die Dicke der Waſſerſcheibe $\frac{3}{4}$ von der Dicke der Luftſcheibe, und die Dicke der Glasſcheibe $\frac{20}{21}$ der letztern ſey. A.)

		Luft	Waſſer	Glas
der fünften Ordnung.	Grünlicht blau	45	34½	29⅔
	Roth	52½	39⅜	34
der ſechſten Ordnung	Grünlicht blau	58¾	44	38
	Roth	65	48¾	42
der ſiebenten Ordnung	Grünlicht blau	71	53¼	45⅞
	Röthlich weiß	77	57¾	49⅔

Mit Hülfe dieſer Tafel, ſaget unſer Verfaſſer, könne man die Dicke der Theile der natürlichen Körper aus ihren Farben errathen; auch laſſe ſich, wenn man zwey oder mehr dünne Blättchen auf einander lege, ſo daß ſie zuſammen ein einziges Blättchen, ſo dick wie alle zuſammen ausmachen, die daraus entſpringende Farbe angeben. R. E. Dr. Hooke hat in ſeiner Micrographia angeführet, daß ein blaßgelbes Scheibchen tuſſiſchen Glaſes auf ein blaues geleget, eine ſehr völlige Purpurfarbe hervorbrachte. Nun iſt das Gelbe der erſten Reihe ein blaſſes, und die Dicke des Scheibchens, an welcher es entſteht, iſt nach der Tafel 4¾; dazu addire man 9, die Dicke für die blaue Farbe der zwoten Reihe, ſo hat man 13¾, ſehr nahe an die für das Purpur der dritten Reihe in der Tafel angegebene Dicke [c]).

Ferner giebt unſer Verfaſſer eine ſinnreiche Erklärung verſchiedener Umſtände bey ſeinen Beobachtungen der Farbenringe, welche anzuführen für dieſe Geſchichte zu weitläuftig ſeyn würde. Man findet ſie in dem zweeten Theile des zweyten Buches ſeiner Optik am Ende.

In dem folgenden dritten Theile geht er zu der Anwendung auf die Farben der natürlichen Körper. Von ſeinen mancherley Anmerkungen über dieſe Sache will ich die vornehmſten mit ihren Beweiſen hier beybringen.

Die ſtärkſte Brechung iſt mit der ſtärkſten Zurückwerfung verknüpfet.

Diejenigen Oberflächen durchſichtiger Körper werfen das meiſte Licht zurück, welche die ſtärkſte brechende Kraft beſitzen. An der Gränze von Luft und Steinſalze iſt die Zurückwerfung ſtärker, als an der Gränze von Luft und Waſſer, noch ſtärker an der Gränze zwiſchen Luft und gemeinem Glaſe oder Kryſtall, und noch ſtärker an der Gränze zwiſchen Luft und Diamant. Bringt man ſolche durchſichtige feſte Körper in Waſſer, ſo wird ihre Zurückſtrahlung viel ſchwächer als zuvor, und wird noch mehr vermindert, wenn man ſie in noch ſtärker brechende Flüßigkeiten bringt. Theilet man Waſſer in Gedanken durch eine Fläche in zween Theile, ſo wird an der Gränze derſelben gar keine Zurückſtrahlung vorgehen. Darum kann auch an der gemeinſchaftlichen Fläche zweyer Gläſer von einerley Dichte keine merkliche Zurückſtrahlung ſtatt haben, wie es ſich an dem obigen Verſuche mit zwey Objectivgläſern zeigete. Daß alſo alle gleichförmige durchſichtige Körper keine merkliche Zurückſtrahlung als an ihren Oberflächen, wo ſie an Mittel von einer andern Dichte ſtoßen, wahrnehmen laſſen, davon iſt die Urſache, daß ihre einander berührende Theile genau von einerley Dichte ſind [d]).

Faſt

c) Newtoni Optices, p. 196.

d) ibid. L. II. P. 3. prop. 1. p. 208.

Durchsichtigkeit der kleinsten Theilchen der Körper.

Fast aller natürlichen Körper kleinste Theile sind gewissermaßen durchsichtig; und die Undurchsichtigkeit dieser Körper rühret von den vielen Zurückstrahlungen in ihrem Innern her. Dieses, saget er, ist schon von andern bemerket, und wird von einem jeden, der mit Vergrößerungsgläsern umgeht, leicht eingestanden werden. Man bringe irgend einen Körper, der nur hinlänglich dünne ist, in einem verfinsterten Zimmer vor eine Oeffnung, durch welche etwas Licht hereinfällt, so wird er merklich durchsichtig erscheinen, so undurchsichtig er auch in freyer Luft schien. Nur muß man weiße metallene Körper ausnehmen, als welche wegen ihrer großen Dichte fast alles Licht von ihrer ersten Fläche zurückzusenden scheinen; oder man muß sie durch die Auflösung in sehr kleine Theilchen zerfällen, da sie denn alle durchsichtig werden e). Man wird unten aus Bouguers Versuchen sehen, daß selbst polirte metallene Körper nicht mehr als etwa die Hälfte des auffallenden Lichtes zurücksenden.

Größe der Theilchen, um gefärbt zu seyn.

Die Theile und Zwischenräume der Körper müssen nicht unter einer gewissen Größe seyn, wenn diese undurchsichtig und gefärbet seyn sollen. Denn auch die undurchsichtigsten Körper werden in sehr kleinen Stücken durchsichtig. So zeigete sich an den zwey Objectivgläsern, auch da, wo ihre Flächen einander nur sehr nahe waren, ohne sich zu berühren, keine merkliche Zurückstrahlung; und oben an der Wasserblase, wo sie am dünnesten ist, erschienen aus Mangel am zurückgeworfenen Lichte schwarze Flecken. In diesem Umstande suchet er den Grund, daß Wasser, Salz, Glas, Steine u. d. g. durchsichtig sind. Denn aus vielerley Ursachen scheinen sie zwar so voll Zwischenräume als andere Körper zu seyn; aber diese Zwischenräumchen und ihre Theilchen sind zu klein, als daß sie Zurückstrahlungen verursachen könnten f).

Die Farbe hängt von der Dicke ab.

Aus den vorher beschriebenen Erscheinungen an den dünnen Scheibchen folget ganz leichte, daß die durchsichtigen Theile der Körper, nach Maßgabe ihrer Dicke, die Strahlen von einer Gattung zurücksenden, und von einer andern durchlassen, auf eben die Art, wie es die Luftscheibchens oder das Häutchen einer Wasserblase thaten. Hieraus erkläret er den Grund der Farben aller Körper. In der Erläuterung dieses Satzes führet er unter andern an, daß die Dünste in der Luft, wenn sie erst aufsteigen, der Luft ihre Durchsichtigkeit nicht benehmen; daß sie aber, wenn sie, um Regentropfen zu bilden, sich an einander hängen und Kügelchen von allerley Größe machen, alsdenn aus diesen Kügelchen, sobald sie die erforderliche Größe haben, einige Strahlen zurückzuwerfen und andere durchzulassen, Wolken mit allerhand Farben, nach Beschaffenheit der Größe der Kügelchen, entstehen können. Es lasse sich, saget er, in einer so durchsichtigen Materie, wie Wasser ist, nichts angeben, das diese Farben wahrscheinlicher Weise verursachen könnte, als blos die Verschiedenheit der Größe der flüßigen und kegelförmigen Theilchen desselben g). Doch werden wir in der Folge sehr richtige Einwendungen gegen diese Erklärung

e) Newtoni Optic. L. II. P. 3. prop. 2. p. 210.

f) Ibid. prop. 4. p. 212.

g) Newtoni Optices L. II. P. III. prop. 5. p. 213. (Aus den Newtonischen Grundsätzen hat auch Mischel die Farben der Menschen in den verschiedenen Weltgegenden erkläret, in den Philos. transf. nr. 474, und Hamburg. Magazin 1 B. 3 St. Als die ersten Ursachen der Farbe der Schwarzen giebt er die Undurchsichtigkeit ihrer Haut an, die von

klärung, in Abſicht auf die Morgen- und Abendwolken, von dem Herrn Melville gemachet finden.

Eine der auffallendſten und zugleich deutlichſten Folgerungen aus den Erſcheinungen an dünnen Scheibchen iſt, daß man aus den Farben der Körper die Größe ihrer Beſtandtheile ſchließen kann. Denn weil dieſe Theilchen höchſt wahrſcheinlich einerley Farbe mit einem Scheibchen, von gleicher Dicke wie ſie, haben, woferne nur ihre Dichte zur Brechung einerley iſt; weil auch ihre Dichte vermuthlich mit der Dichte des Waſſers oder des Glaſes übereinkömmt, ſo wird man aus der vorher eingerückten Tafel auch die Größen der Beſtandtheile anderer Körper als Glas und Waſſer, die eine gewiſſe Farbe darſtellen, beſtimmen können. Wenn man, z. B. wiſſen wollte, wie groß der Durchmeſſer eines Theilchens von einem Körper wäre, das, bey einer Dichte, wie ſie Glas hat, ein Grün von der dritten Reihe oder Ordnung zurückwirft, ſo zeiget die Zahl $16\frac{1}{4}$ aus der Tafel an, daß die Dicke des Theilchens ſo viel Millionentheilchen eines Zolles ſey. Beſtimmung der Größe der Theilchen aus den Farben.

Die ganze Schwierigkeit, wie der Verfaſſer ſelbſt eingeſteht, iſt hiebey, zu beſtimmen, zu welcher Ordnung die Farbe eines Körpers gehöre, das iſt, mit welcher unter den Farben derſelben Gattung, die von dem Flecken in der Mitte der Objectivgläſer verſchiedentlich entfernet ſind, ſie übereinkomme. Man muß dieſes entweder aus der Gegeneinanderhaltung beurtheilen, oder ſich an die umſtändliche Anweiſung unſers Verfaſſers [b]) halten, welche ich ſo, wie ſeine Anwendung zur Erklärung der Farben einiger einzelner Körper, der Kürze wegen vorbey laſſen muß. Dieſe Unterſuchungen, ſaget er, habe er darum ſo umſtändlich vorgenommen, weil es nicht unmöglich ſey, daß die Mikroſkope zu einem ſolchen Grade von Vollkommenheit gebracht werden könnten, daß man dadurch diejenigen Theilchen der Körper, wovon ihre Farbe abhängt, zu erkennen im Stande wäre. Weiter werde unſer Auge wohl nicht dringen können, weil es wegen der Durchſichtigkeit dieſer Theilchen unmöglich ſeyn müſſe, die geheimern und edlern Arbeiten der Natur innerhalb derſelben zu erblicken.

Die Zurückſtrahlung des Lichtes rühret nach Newton nicht von dem Anſtoße des Lichtes auf undurchdringbare Theile des Körpers her, wie man es ſich ſonſt vorzuſtellen pflegete [i]). Seine vornehmſten Gründe ſind Die Zurückſtrahlung iſt kein Anſtoßen.

1. Wenn das Licht aus Glas in Luft geht, ſo wird es ſo ſtark zurückgeworfen, als wenn es aus Luft ins Glas geht, oder noch gar etwas ſtärker; vielmal aber ſtärker, als wenn es aus Glas ins Waſſer geht. Es iſt aber nicht wahrſcheinlich, daß Luft mehr zurückwerfende Theile als Glas und Waſſer haben ſollte. Wollte man dieß auch annehmen, ſo hälfe es nichts. Denn die Zurückwerfung iſt eben ſo ſtark oder noch ſtärker, wenn man die Luft von der Hinterfläche des Glaſes wegbringt.

von derſelben Dicke und Dichtigkeit herrühret, und das Licht von den darunter liegenden weißen und rothen Theilen nicht durchläßt; das größere Vermögen die Strahlen zu brechen, wodurch ſie verſchluckt werden; und die Kleinigkeit der Hauttheilchen, vermöge der ſie kein Licht zurückwerfen können.) K.

h) Newtoni Optices, L. II. P. 3. prop. 7 p. 217.

i) Ibid. L. II. P. 3 prop. 8. p. 224.

2. Wenn man die Farben, welche durch ein Prisma in einem verfinsterten Zimmer von einander gesondert sind, nach und nach auf ein zweytes Prisma, in ziemlicher Entfernung von dem ersten, und alle unter denselben Neigungswinkeln gegen dasselbe fallen läßt, so kann man dieses zweyte Prisma gegen die einfallenden Strahlen dergestalt stellen, daß die blauen alle zurück, und die rothen meist durchgehen. Würde nun die Zurückstrahlung von den Theilchen der Luft oder des Glases verursachet, so fraget unser Verfasser, warum bey einerley Neigung die blauen Strahlen alle auf Theilchen treffen, die sie zurücksenden, und die rothen Durchgänge genug finden.

3. Wenn die Strahlen deswegen zurück giengen, weil sie auf die Theilchen der Körper stoßen, so könnten dünne Scheiben oder Blasen, nicht an einer und derselben Stelle Strahlen von einer Farbe zurückwerfen, und die von einer andern durchlassen, wie sie es doch thun. Denn es ist unbegreiflich, wie es sich fügen könne, daß an einer Stelle gewisse Strahlen, als die blauen, auf die festen Theilchen des Körpers stoßen, und die rothen Durchwege finden; hingegen an einer andern Stelle, wo der Körper etwas dünner oder dicker ist, die blauen Strahlen auf die Zwischenräumchen, die rothen auf die Theilchen selbst treffen.

4. Endlich könnte die Zurückwerfung von polirten Körpern nicht so ordentlich seyn, als sie ist, wenn sie von dem Anstoßen auf die dichten Theile herrührete. Denn wenn man Glas mit Sand, Schmergel oder Tripel poliret, so muß man sich nicht einbilden, daß durch das Reiben mit diesen Sachen die kleinsten Theile desselben alle so glatt werden, daß sie alle mit einander eine vollkommene Ebene oder vollkommene Kugelfläche ausmacheten. Durch die feinste Politur werden dem Glase nur die Ungleichheiten und Risse so weit benommen, daß sie nicht ins Auge fallen. Würde also das Licht wegen des Anstoßens an die dichten Theile des Glases zurückgeworfen, so müßte es von einem noch so sehr polirten Glase eben so unordentlich zerstreuet werden, wie von einem ungeschliffenen. Es bleibt also noch die Frage, wie polirtes Glas das Licht so ordentlich zurückwerfen könne, als es wirklich thut; und sie läßt sich schwerlich anders beantworten, als daß man annimmt, die Zurückstrahlung werde nicht von einem einzigen Punkte des zurückwerfenden Körpers, sondern von einer gewissen, über der ganzen Oberfläche desselben verbreiteten Kraft verursachet, durch welche er auf den Strahl, ohne ihn unmittelbar zu berühren, wirket. Daß aber die Theile der Körper auf das Licht in einiger Entfernung wirken, wird aus unsers Verfassers Versuchen von der Beugung des Lichtes erhellen.

Die anstoßenden Strahlen gehen verlohren.

Zum Schlusse bemerket er, daß, wenn die Zurückwerfung des Lichtes nicht von dem Anstoßen auf die dichten Theile des Körpers, sondern von einer andern Ursache entsteht, alsdenn vermuthlich alle Strahlen, welche auf die dichten Theile stoßen, nicht zurück geworfen, sondern erstücket werden und verlohren gehen. Sonst müßte man, saget er, zwoerley Arten der Zurückwerfung annehmen. Denn würden alle Strahlen, die auf die innern Theile durchsichtiges Wassers oder Krystalles treffen, zurückgeworfen, so müßten diese Körper nicht hell und durchsichtig, sondern trübe und dunkel scheinen. Ferner, wenn Körper schwarz aussehen sollen,

müssen

müſſen ſehr viele Strahlen von ihnen aufgefangen, verſchlucket werden, und in ihrem Innern ſich verlieren; da es doch nicht wahrſcheinlich iſt, daß Strahlen anders als durch den Anſtoß gegen den dichten Theil verloren gehen und verſchlucket werden können. Hieraus, fähret er fort, kann man ſchließen, daß die Körper weit lockerer ſind, und mehr Zwiſchenräumchen haben, als man gewöhnlich ſich vorſtellet. Waſſer iſt 19mal leichter, und alſo ſo vielmal lockerer als Gold. Daß aber dennoch Gold viele Zwiſchenräume habe, ſchließt er aus verſchiedenen Umſtänden, wiewohl der Grund, daß es die magnetiſchen Ausflüſſe ohne Hinderniß durchläßt, noch zweifelhaft bleibt. Denn es iſt noch nicht ausgemachet, ob ſolche Ausflüſſe wirklich vorhanden ſind, und wenn ſie es auch ſind, ob ſie nicht, wie die elektriſchen, ohne durch das Glas zu gehen, dennoch durch daſſelbe hindurch wirken können. Daß das Licht durch das Anſtoßen auf dichte Theilchen des Körpers verloren gehen oder verſchlucket werden ſollte, giebt **Bouguer** nicht zu, wie unten vorkommen wird.

Brechung und Zurückwerfung, Wirkungen derſelben Kraft.

Newton iſt der erſte, welcher die Brechung und Zurückwerfung aus einerley Urſache erkläret hat. Er ſaget, es iſt eine und dieſelbe, nur unter verſchiedenen Umſtänden ſich verſchiedentlich äußernde Kraft, durch welche die Körper das Licht brechen oder zurück werfen. Seine Gründe ſind folgende. **Erſtlich**, wenn Licht aus Glas in Luft mit der größten möglichen Schiefe geht, und die Schiefe des Einfallens wird noch ein wenig größer, ſo wird alles Licht zurück geworfen, indem die Kraft des Glaſes, nachdem ſie das Licht ſo ſchief als möglich gebrochen, wenn es noch ſchiefer auffällt, zu ſtark wird, als daß noch Strahlen durchgehen könnten, daher alsdenn eine gänzliche Zurückwerfung erfolget. **Zweytens**, das Licht wird von dünnen Glasſcheibchen wechſelsweiſe vielmal nach einander zurückgeworfen und durchgelaſſen, ſo wie die Dicke des Scheibchens in arithmetiſcher Progreſſion zunimmt. Denn hier hängt es von der Dicke des Glaſes ab, ob die Kraft, welche es auf das Licht äußert, die Zurückwerfung bewirken, oder es durchlaſſen ſoll. **Drittens**, weil diejenigen Oberflächen durchſichtiger Körper, welche das Licht am ſtärkſten brechen, es auch am ſtärkſten zurückſenden *k*).

Verhältniß der brechenden Kräfte.

Aus mathematiſchen Gründen zeiget unſer Verfaſſer, daß wenn das Licht in den Körpern geſchwinder, als in dem leeren Raume nach dem Verhältniſſe der Brechungsſinus iſt, die Kräfte der Körper das Licht zurück zu ſenden und zu brechen beynahe den Dichten derſelben proportional ſeyn: ausgenommen, daß fettige und brennbare Körper es ſtärker als andere Körper von gleicher Dichte brechen *l*). Dieſen

k) Newt. Optices, L. II. P. 3. pr. 9. p. 229.

l) Newtoni Optices. L. II. P. 3. prop. 10. p. 230. (Dieſes konnte Newton aus mathematiſchen Gründen nicht beweiſen. Was er aus mechaniſchen Grundſätzen herleitet, iſt folgendes. Der auffallende Strahl mache mit der brechenden Ebene einen unendlich kleinen Winkel. Durch die Brechung bekömmt er eine gewiſſe Neigung gegen dieſe Ebene. Die Bewegung des Strahls nach der Brechung zerfälle man in zwey, eine parallel mit der Ebene, die andere ſenkrecht auf dieſelbe. Jene hatte der Strahl ſchon, ehe er auffiel; dieſe bekömmt er durch eine gewiſſe Kraft, welche der Körper auf ihn äußert. Dem Quadrate der Linie, wodurch dieſe

sen Satz bewies er auch durch Versuche an verschiedenen Körpern, deren Resultate er in einer Tafel verzeichnet hat, die ich hier mittheilen will m).

Brechende Körper	Verhältniß der Einfalls- und Brechungssinus für gelbes Licht.	Verhältnißzahlen der brechenden Kräfte.	Dichte und eigenthümliche Schwere.	Brechende Kraft verglichen mit der Dichte des Körpers.
Unächter Topaz, ein natürlicher, durchsichtiger, spröder, unebner Stein, von gelber Farbe	23 zu 14	1,699	4,27	3979
Luft	3851 zu 3850	0,00052	0,00125	4160
Glas des Spießglases	17 zu 9	2,568	5,28	4864
Selenit	61 zu 41	1,213	2,252	5386
Gemeines Glas	31 zu 20	1,4025	2,58	5436
Bergkrystall	25 zu 16	1,445	2,65	5450
Isländischer Krystall	5 zu 3	1,778	2,72	6536
Steinsalz	17 zu 11	1,388	2,143	6477
Alaun	35 zu 24	1,1267	1,714	6570
Borax	22 zu 15	1,1511	1,714	6716
Salpeter	32 zu 21	1,345	1,9	7079
Danziger Vitriol	303 zu 200	1,295	1,715	7551
Vitriolöl	10 zu 7	1,041	1,7	6124
Regenwasser	529 zu 396	0,7845	1.	7845
Arabisches Gummi	31 zu 21	1,179	1,375	8574
Rectificirter Weingeist	100 zu 73	0,8765	0,866	10121
Kampfer	3 zu 2	1,25	0,996	12551

Brechen-

diese senkrechte Bewegung oder Geschwindigkeit ausgedrückt wird, die parallele jedesmal einerley genommen, setzet Newton die brechende Kraft des Körpers proportional, und berufet sich deswegen auf die Gesetze der Bewegung. Wem diese bekannt sind, der wird ohne Zweifel diesen Begriff von brechender Kraft sehr schicklich finden. Zur Erläuterung des Newtonianischen Beweises bemerke ich dieses. Die Kraft des Körpers mag auf den Lichtstrahl, nach welchen Gesetzen sie wolle, wirken, so kann man statt derselben sich eine gleichförmig beschleunigende Kraft einbilden, welche auf eine gewisse gegebene Entfernung wirket, und längst dieser dem Strahle dieselbe senkrechte Geschwindigkeit, wie jene, mittheilet. Gleichförmig beschleunigende Kräfte verhalten sich aber wie die Quadrate der längst gleichen Räumen erzeugten Geschwindigkeiten, oder der Bewegungen, wie Newton es nennt. Z.)

m) Die zweyte Spalte dieser Tafel enthält die Quadrate der Tangenten der Winkel, welche der gebrochene Strahl mit der brechenden Ebene machet, wenn der Einfallswinkel ein Rechter ist, den Halbmesser für Eins genommen. Diese Tangenten verhalten sich nämlich wie die durch die Kraft des Körpers in dem Strahle, nach der senkrechten Linie auf der brechende Ebene, erzeugeten

Brechende Körper	Verhältniß des Einfalls- und Brechungsſinus für gelbes Licht.	Verhältnißzahlen der brechenden Kräfte.	Dichte, und eigenthümliche Schwere.	Brechende Kraft verglichen mit der Dichte des Körpers.
Baumöl	22 zu 15	1,1511	0,913	12607
Leinſaatöl	40 zu 27	1,1948	0,932	12819
Terpentinöl	25 zu 17	1,1626	0,874	13222
Agtſtein	14 zu 9	1,42	1,04	13654
Diamant	100 zu 41	4,949	3,4	14556

Die Brechung der Luft in dieſer Tafel iſt nach der von den Aſtronomen beobachteten Strahlenbrechung in dem Dunſtkreiſe angeſetzet. Denn wenn das Licht durch noch ſo viele an Dichtigkeit allmählig zunehmende Mittel geht, ſo wird die Summe aller Brechungen ſo viel betragen, als eine einzige Brechung, die aus dem erſten Mittel in das letzte unmittelbar geſchähe. Deswegen wird das Licht auf ſeinem Wege durch den Dunſtkreis eben ſo viel gebrochen, als es bey gleichem Grade der Schiefe aus dem leeren Raume in die Luft zunächſt der Erdfläche würde gebrochen werden n).

Unſers Verfaſſers Anmerkungen über die verſchiedenen brechenden Kräfte einiger Körper ſind ſo merkwürdig, und ſo geſchickt, fernere Entdeckungen über die Kräfte der Natur zu veranlaſſen, daß ich ſie der Länge nach einzurücken, kein Bedenken trage.

Vergleichungen der brechenden Kräfte und der Beſchaffenheit der Körper.

Obgleich unächter Topaz, Selenit, Bergkryſtall, Isländiſcher Kryſtall, gemeines Glas, Glas des Spießglaſes, welches erdartige, ſteinichte, alkaliſche Concreta ſind o), und Luft, die vermuthlich aus dergleichen Körpern durch die Gährung entſteht, in der Dichte ſich ſehr von einander unterſcheiden: ſo ſieht man doch aus dieſer

ten Geſchwindigkeiten. Hr Prieſtley hat dieſes ſehr nothwendige Stück der Tafel weggelaſſen. Die Zahlen der vierten Spalte ſind die der zweyten mit 10000 multiplicirt, und mit den dazu gehörigen der dritten Spalte dividirt. B.)

n) Newtoni Optices, L. II. P. 3. prop. 10. p. 232.

o) Hier ſind Körper zuſammengeordnet, die auf keine Weiſe in eine Claſſe gebracht noch von denen das alles geſaget werden kann, was Newton behauptet. Der unächte Topaz und der Bergkryſtall gehören zu der Claſſe der glasächten Erde, welche auf keine Art als ein alkaliſcher Körper angeſehen werden kann. Der Selenit hat zwar eine alkaliſche Erde in ſeiner Miſchung; aber da er mit der Vitriolſäure ſchon geſättiget iſt, ſo iſt er nicht mehr als alkaliſch, ſondern als ein erdichtes Mittelſaltz anzuſehen. Das gemeine Glas hat zwar ein alkaliſches Salz in ſich; aber da dieſes eine glasächte Erde aufgelöſet hat, ſo verliert es dadurch die Eigenſchaften eines Alkali. Der einzige Isländiſche Kryſtall beſteht, aus einer bloßen alkaliſchen Erde. Hingegen auf das Glas des Spieſsglaſes paſſet keine einzige der angegebenen Eigenſchaften; ſondern es beſteht dieſes Produkt aus dem Spießglaskönige, welcher durch die Verkalchung ſeines brennbaren Weſens beraubet, und durch ein bloßes ſtärkeres Feuer in einen durchſichtigen Körper geſchmolzen iſt — Dieſe und die folgenden chymiſchen Anmerkungen habe ich der Güte eines gelehrten Freundes, des Hrn D. Crell, zu danken. B.

dieſer Tafel, daß ihre brechenden Kräfte ſich unter einander faſt wie ihre Dichtigkeiten verhalten, ausgenommen daß die Brechung des ſo wunderbaren Körpers, des Isländiſchen Kryſtalles, etwas größer als der übrigen ſich findet. Die Luft insbeſondere, die 3500mal dünner als der unächte Topaz, 4400mal dünner als verglaſetes Spießglas, und 2000mal dünner als Selenit, gemeines Glas oder Bergkryſtall iſt, beſitzt doch in Verhältniß gegen ihre Dichte zum Theil eine größere, zum Theil eine nicht viel geringere brechende Kraft als dieſe ſo viel dichtern Körper.

Auf der andern Seite findet ſich bey der Vergleichung der Brechungen des Kampfers, Baumöles, Leinſaatöles, Terpentingeiſtes und Agtſteines, als fettiger, brennbarer Körper, wie auch des Diamants, der vermuthlich eine fettige, geronnene Subſtanz p) iſt, daß ihre brechenden Kräfte ſich wie ihre Dichtigkeiten, ohne beträchtliche Abweichung verhalten. Uebrigens ſind die brechenden Kräfte dieſer fettigen Körper in Vergleichung mit ihren Dichtigkeiten zwey- bis dreymal größer als die brechenden Kräfte jener erſten Körper in Vergleichung mit ihren Dichtigkeiten.

Die brechende Kraft des Waſſers hält etwa das Mittel zwiſchen dieſen beyden Arten; ſo wie das Waſſer ſelbſt ein Körper mittlerer Art zwiſchen dieſen Körpern ſeyn mag. Aus dem Waſſer erhalten alle Thiere und Pflanzen ihre Nahrung, und dieſe beſtehen ſowohl aus ſchweflichten, fetten und brennbaren, als aus irdiſchen, dürren und alkaliſchen Theilen.

Salze und Vitriole fallen in Abſicht auf die brechende Kraft zwiſchen irdiſche Körper und Waſſer, und ſind folglich aus beyden Arten von Materien zuſammengeſetzet. Denn ihre flüchtigen Theile gehen durch die Diſtillation und Rectification größtentheils in Waſſer über, und viele bleiben unter der Geſtalt einer trockenen, feuerbeſtändigen und der Verglaſung fähigen Erde zurück q).

Die brechende Kraft des Weingeiſtes liegt zwiſchen den brechenden Kräften des Waſſers und der ölichten Körper in der Mitte, daß er alſo aus beyden durch die Gährung zuſammengeſetzet zu ſeyn ſcheint. Das Waſſer nämlich löſet vermittelſt gewiſſer ſalziger Geiſter, damit es geſchwängert iſt, das Oel auf, und machet es dadurch flüchtig. Denn der Weingeiſt iſt wegen ſeiner ölichten Theile brennbar, und wird, wenn er mehrmals über Weinſteinſalz abgezogen wird, jedesmal wäſſerichter und voller Phlegma r).

Auch

p) Der Diamant gehöret nach allen ſeinen Kennzeichen zu der Claſſe der glasächten Körper, und hat alſo gar nichts brennbares in ſich; oder wenn man ja, aus ſeiner neu entdeckten Flüchtigkeit im Feuer auf etwas dergleichen ſchließen wollte, ſo iſt es doch ſo unendlich wenig, daß es durch kein anderes Experiment zu entdecken, noch weniger der Diamant daher zu den vorhergehenden ganz verbrennlichen Körpern gerechnet werden kann. C.

q) Von dieſen Spiritibus oder ſauern Salzen iſt es unrichtig, daß ſie durch öftere Deſtillation zu Waſſer und Erde werden; ſie bleiben unverändert. Von vielen feuerbeſtändigen Mittelſalzen aber kann man dieſes gewiſſermaßen, vorzüglich wegen ihres Alkali, behaupten. C.

r) Das Weinſteinſalz machet den Weingeiſt vielmehr immer vollkommener und weniger wäſſerig; hergegen findet die angegebene Erſcheinung ſtatt, wenn man Weingeiſt öfters über ungelöſchten Kalk zieht. C.

Auch haben die Chymiſten wahrgenommen, daß Pflanzen, als Lavendel, Raute, Majoran, wenn ſie ohne Zuſatz abgezogen werden, vor der Gährung Oel ohne brennende Geiſter, aber nach der Gährung brennende Geiſter ohne Oel geben; daraus alſo erhellet, daß ihre Oele, durch die Gährung, in Geiſter verwandelt ſind. Sie haben auch beobachtet, daß Oele, die man in geringer Menge auf Kräuter gießt, die in Gährung begriffen ſind, nach der Gährung in Geſtalt von Geiſtern übergehen.

Folglich ſcheinen nach der obigen Tafel die brechenden Kräfte aller Körper ihren Dichtigkeiten, wenigſtens ſehr nahe, proportional zu ſeyn; in ſo ferne nicht durch den Ueberfluß oder Mangel an brennbaren und ölichten Theilen die brechende Kraft vermehret oder verringert wird. Demnach rühret vermuthlich die brechende Kraft aller Körper, wo nicht gänzlich, doch hauptſächlich, von ihren brennbaren Theilen her. Dergleichen Theile befinden ſich wahrſcheinlich in allen Körpern, in einigen mehr, in andern weniger. So wie das vermittelſt eines Brennglaſes vereinigte Licht auf brennbare Körper am ſtärkſten wirket, ſie in Feuer und Flamme zu ſetzen; ſo werden brennbare Körper, weil jede Wirkung eine gegenſeitige vorausſetzet, wiederum auf die Lichtſtrahlen am ſtärkſten wirken. Denn daß die Wirkungen des Lichtes und der Körper auf einander gegenſeitig ſind, kann man daraus abnehmen, daß die dichteſten Körper, welche das Licht am ſtärkſten brechen oder zurück werfen, durch die Sonnenhitze im Sommer, vermittelſt der Wirkung des gebrochenen und zurückgeworfenen Lichtes am ſtärkſten erwärmet werden s).

Newtons Erklärung der farbichten Ringe.

Die Abwechſelungen der farbichten Ringe an jenen dünnen Scheibchen, und überhaupt die Zurückwerfung und Brechung zu erklären, nimmt Newton an, daß jeder Lichtſtrahl, gleich von dem erſten Ausgange aus dem leuchtenden Körper, eine gewiſſe veränderliche Beſchaffenheit erhält, die bey ſeinem Fortgange in gleichen Zwiſchenräumen wiederkömmt, und verurſachet, daß er bey jedesmaliger Anwandlung dieſer Beſchaffenheit durch die nächſte vorliegende brechende Fläche leichter durch, als zurück geht, dagegen er in den Zwiſchenzeiten, da er dieſe Beſchaffenheit nicht hat, von eben dieſer vor ihm liegenden Fläche leichter zurückgeſandt als durchgelaſſen wird. Demnach werden unter mehrern Strahlen, die auf irgend eine Fläche fallen, diejenigen, welche in dem Zuſtande des leichtern Zurückgehens waren, zurückgeſandt, und hingegen diejenigen, welche mehr zum Durchgehen geneigt waren, durchgelaſſen werden. Daher wird alſo überhaupt von jeder Oberfläche, worauf Licht fällt, ein Theil deſſelben zurückgeworfen, ein Theil durchgelaſſen. Dieſe Beſchaffenheit der Strahlen nennt er die Anwandlungen des leichtern Zurückgehens oder des leichtern Durchgehens t).

Er

s) Newtoni Optices, L. II. P. 3. pr. 10. p. 233-236.

t) Vices facilioris reflexionis vel transmiſſus. Im Engl. Fits of eaſy reflexion or transmiſſion. Newton beſchäfftiget ſich damit vom 12 bis zum 20 Satz des 3 Th. des 2 B. Der angeführte Satz heißt beym Newton eigentlich ſo: Ein jeder Lichtſtrahl bekömmt bey dem Durchgange durch eine brechende Fläche eine gewiſſe veränderliche Beſchaffenheit ꝛc. Und dieſen Satz ſieht er als einen Erfahrungsſatz an, der ſich auf

Er muthmaßet ferner, daß dieſe Anwandlungen des leichtern Zurück- oder Durchgehens etwa durch die Schwingungen eines feinen Fluidum, wodurch der Lichtſtrahl gienge, verurſachet werde; indem jeder Strahl, wenn die Schwingung mit ſeiner Bewegung übereinkömmt, zum Durchgehen, und wenn ſie nicht übereinkömmt, zum Zurückgehen fähig gemachet wird. Er glaubte auch, daß dieſe Schwingungen durch die gegenſeitige Wirkung und Gegenwirkung des Lichtes, der Körper und jenes Mittels, in dem Augenblicke der Zurückwerfung oder Brechung hervorgebracht werden könnten. Im Grunde nimmt er alſo zwo Urſachen der Willigkeit zum Zurück- oder Durchgehen an, die der Strahl jedesmal, da er eine neue Oberfläche trifft, haben ſoll. Eine iſt ſchon hinlänglich, wenn man das Zurück- oder Durchgehen des Lichtes, in ſofern es aus Strahlen von jeder Gattung und Farbe beſteht, bey jeder Veränderung des Mittels erklären will; allein die Farben der oben beſchriebenen Scheibchen zu erklären, wird keine hinlänglich ſeyn *).

Einwendungen dagegen.

Denn wenn jeder Lichtſtrahl dieſe Anwandlungen des leichtern Zurück- und Durchgehens längſt dem ganzen Wege von dem leuchtenden Körper her hat, ſo müſſen ihre Abwechſelungen bloß nach der Entfernung von demſelben, und nicht von irgend einem Umſtande an den Körper, worauf das Licht fällt, ſich richten; ſo daß, die Dicke jener Scheibchen mag ſeyn welche ſie wolle, Licht von jeder Farbe ohne Unterſchied zurück geworfen oder durchgelaſſen wird, ohne daß es hiebey auf etwas anders, als auf den Abſtand der Oberfläche von dem leuchtenden Körper ankömmt *).

Wenn, wie Newton zu behaupten genöthiget iſt, die Willigkeit der Strahlen zum Zurück- oder Durchgehen, ſowohl von der Dicke des Scheibchens, darauf ſie ſtoßen, als von einer gewiſſen ihnen eigenthümlichen Beſchaffenheit abhängt, ſo ſcheint die ganze Hypotheſe der Anwandlungen, die ſie vorher gehabt, oder durch die zitternde Bewegung an der Fläche eines Körpers erhalten haben mögen, überflüßig zu ſeyn. Denn was ſollte daraus werden, wenn an der Oberfläche eines Körpers

die im 4 Abſchnitte angeführten Verſuche gründet. Darauf ſaget er im 13 Satze die Urſache, warum die Oberflächen aller dicker durchſichtiger Körper einen Theil des auffallenden Lichtes zurück werfen, den andern brechen, iſt dieſe; daß von den auffallenden Strahlen einige in dem Zuſtande des leichtern Zurückgehens, andere des leichtern Durchgehens ſind. Den Beweis nimmt er aus dem in 4 Abſchn. zuletzt angeführten Verſuche, worinne ich ihn freylich nicht wohl finden kann. Newton nimmt es nur als ſehr wahrſcheinlich an, daß die gedachten Anwandlungen der Strahlen ſchon bey dem leuchtenden Körper anfangen. Jenen erſtern Satz ſieht er als ein Factum, als eine von ihm entdeckte Eigenſchaft des Lichtes an. A.

u) Ich finde beym Newton nur die letztere Hypotheſe zur Erklärung der Anwandlungen. Er unterſcheidet aber gar ſehr, was er als ein Factum, oder als eine Hypotheſe vorträgt. Ihm komme es, ſaget er, bloß auf das Factum an; die Erklärung trage er nur denjenigen zu Gefallen vor, die ſich nicht überwinden können, etwas anzunehmen, zu deſſen Erklärung ſie keine Hypotheſe haben. A.

x) Wenn aber die Dicke der Scheibchen was dazu beytrüge, die Anwandlungen zu ſtärken, oder zu ſchwächen, und ſie wohl gar in entgegengeſetzte zu verwandeln? A.

pers ein Strahl die Anwandlung des Zurückgehens hätte, die Dicke des Scheibchens aber ſo beſchaffen wäre, daß er durchgehen müßte y)?

Newton muß ſeiner Hypotheſe zu Gefallen einen ſehr unwahrſcheinlichen Satz annehmen, dieſen, daß die Brechung oder Zurückwerfung an der hintern Fläche des dünnen Scheibchens bewirket wird. Denn, ſpricht er, geſchähe ſie an der vordern Fläche, ſo käme es auf die Entfernung der Flächen nicht an. Nun ſaget er, daß die Abwechſelungen des Zurück- und Durchgehens noch an Scheibchen von der Dicke eines Viertelzolles bemerket werden z). Alſo müßte in ſolchen Fällen das Licht ſo tief in den Körper dringen, ehe etwas davon könnte zurückgeworfen werden.

Boscowichs Gedanken.

Boscowich, einer der vornehmſten Mathematiker und Naturkündiger unſerer Zeiten, der ſich durch eine neue und allgemeine Theorie der Naturgeſetze, davon in der letzten Periode dieſer Geſchichte etwas vorkommen wird, beſonders berühmt gemachet hat, nimmt mit Newton an, daß die Anwandlungen des leichtern Durch- oder Zurückgehens, an den Strahlen, längſt ihrem ganzen Wege von dem leuchtenden Körper her ſich finden, giebt aber eine andere Urſache davon an. Er nimmt auch an, daß die Abwechſelungen der Anwandlungen bey verſchiedenen Strahlen ungleich ſeyn mögen, davon er gleichfalls einige Urſachen anführet a).

Gegenſeitige Hypotheſe.

Ueberhaupt iſt es nicht wahrſcheinlicher, daß die Lichtſtrahlen von der Sonne mit gleicher Willigkeit zum Durch- oder Zurückgehen kommen, ſo wie es die Beſchaffenheit der Körper, worauf ſie treffen, erfordert; und daß die Urſache, warum von den Strahlen, die dem Anſcheine nach unter einerley Umſtänden auffallen, einige durch- andere zurückgehen, den kleinen Schwingungen der Theilchen auf der Oberfläche der Mittel, wodurch die Strahlen gehen, zuzuſchreiben ſey: Schwingungen, welche von der Wirkung und Gegenwirkung der Körper und der Lichttheilchen auf einander, in dem Augenblicke, da dieſe ankommen, unabhängig ſind, ob ſie gleich vermuthlich von der Einwirkung der vorhergegangenen verurſachet ſeyn mögen.

Die Urſache, daß einige Gattungen von Strahlen durchgelaſſen, andere zurückgeworfen werden, als wodurch die Farben an den dünnern Scheibchen entſtehen, mag

y) Wenn es auf weiter nichts als eine Hypotheſe ankömmt, ſo iſt noch wohl Rath zu ſchaffen. Iſt der Strahl juſt in der ſtärkſten Anwandlung zum Zurückgehen, und das Scheibchen iſt ſo dicke, daß es ihm die Anwandlung zum Durchgehen ertheilen müßte, ſo heben ſich die Wirkungen, und der Strahl wird gleichſam getödtet oder ausgelöſchet. In dem umgekehrten Falle iſt es eben ſo. Man weis doch nicht, wo beym Brechen und Zurückwerfen ſo viele Strahlen bleiben. Das ſind eben die auf jene Art getödteten, ausgelöſchten, oder doch zu Invaliden gemachten Strahlen. A.

z) An gläſernen und mit Queckſilber belegten Hohlſpiegeln, wovon im folgenden Abſchnitte. Dieſer Umſtand verändert die Sache etwas. Die zwote Fläche des Scheibchens könnte auch auf den Lichtſtrahl wirken, ohne daß er ſie zu berühren brauchete, wie Newton ſonſt die Brechung und Zurückſtrahlung betrachtet. Princip. L. 1. Sect. 14. A.

a) Theoria philoſophiae natur. Venet. 1763. p. 232.

vielleicht darinne liegen, daß etwa jedes Theilchen des Mittels, in Absicht auf das Licht eine große Menge gleicher abwechselnder Intervalle des Anziehens und Zurückstoßens hat, die aber für jede Gattung der Lichtstrahlen eine andere Größe haben. Wenn nun die Dicke eines durchsichtigen Mittels, worinne die Theilchen der Materie gleichförmig vertheilet sind, so beschaffen ist, daß die Anziehungsräume der äussersten Theile in einander fallen, und ihre Zurückstoßungsräume auch, in so ferne sie sich auf eine gewisse Gattung von Strahlen, z. E. die rothen, beziehen, so werden diese Strahlen durch die vereinte Kraft dieser äußersten Theilchen zurückgeworfen werden, indem die zwischen ihnen liegenden mittlern Theile ihre Wirkungen gegenseitig vernichten b). Wenn aber die Anziehungsräume mit Zurückstoßungsräumen zusammen treffen, so werden die Strahlen frey durchgehen, weil hier eine Wirkung sich gegen die andere aufhebet. Da nun die Intervalle des Anziehens und Zurückstoßens für verschiedentlich gefärbte Strahlen von verschiedener Größe sind, so wird die Dicke der Scheibchen, bey welcher ähnliche Intervalle zusammentreffen oder nicht, für verschiedentlich gefärbte Strahlen verschieden seyn.

Zusatz des Uebersetzers.

Die Schwierigkeiten, die sich äußern, wenn man erklären will, warum von Strahlen, die unter denselben Umständen auffallen, einige zurück, andere durchgehen, oder woher die farbichten Ringe des Luftscheibchens zwischen zwey Objectivgläsern kommen, und andere, die sich noch in der Folge zeigen werden, geben deutlich genug zu erkennen, daß das Emissionssystem der Strahlen nur ein Bild seyn möge, das wohl in vielen Stücken sehr bequem ist, das man aber, wie bey allen Gleichnissen die Regel zu seyn pfleget, nicht vltra tertium comparationis ausdehnen muß. So kann man sich ganz wohl zufrieden geben, wenn man auch nicht alles zu erklären im Stande ist.

Newtons Theorie und die Anwendung, die er davon machet, bleibt immer noch sinnreich und schön, wenn sie auch die wahre Beschaffenheit der Sache nicht erkläret. Sie treibt das Gleichniß so weit, als es sich nur thun läßt.

Zu Ende dieses Werkes wird eine Anmerkung gemachet, die hier schon verdienet angeführet zu werden. Wenn das Licht durch die Luftscheibe zwischen zwey Objectivgläsern fährt, so mag es sich nächst der Stelle, wo sie sich berühren, in dem Wirkungsraume beyder Glasflächen befinden; folglich mögen die Strahlen von verschiedener Gattung, auf verschiedene Art gebrochen und reflectiret werden, und daraus die Farben entstehen.

Sechster

b) Könnte der Strahl nicht wegen der vermeynten Kraft der Anziehungsräume auch durchgehen? Ueberhaupt kommen mir die Abwechslungen der Anziehungs- und Zurückstoßungsräume nicht leichter zu begreifen vor, als Newtons Abwechslungen der Zustände des leichtern Zurück- oder Durchgehens. Z.

Sechster Abschnitt.

Beobachtungen der Farben, die durch dicke Scheiben hervorgebracht werden.

Da Newton seine Entdeckungen von den Farben dünner Körper verfolgete, fand er, daß dergleichen auch durch Scheiben von beträchtlicher Dicke, die sich in mehrere dünnere theilen lassen, hervorgebracht würden. Ehe er aber auf diese Theorie gerieth, kamen ihm, wie er selbst gesteht, die hiebey beobachteten Erscheinungen sehr wunderbar vor.

Ein Glas oder ein Spiegel, bemerket er, mag noch so gut poliret seyn, so streuet es doch, außer dem regelmäßig gebrochenen oder zurückgeworfenen Lichte, noch nach allen Seiten ein schwaches Licht herum; wodurch die polirte Oberfläche, wenn sie in einem dunkeln Zimmer von einem Sonnenstrahle erleuchtet wird, in jeder Lage des Auges ganz deutlich zu erkennen ist. Durch dergleichen zerstreuetes Licht wurden die Farben in dem folgenden Versuche hervorgebracht.

Versuch mit dem farbichten Lichte eines Spiegels.

Durch ein Loch, ein Drittheil eines Zolles groß, ließ er in ein verfinstertes Zimmer einen Lichtstrahl senkrecht auf einen gläsernen Spiegel fallen, der auf einer Seite hohl, auf der andern erhaben, und aus einer Kugel von 5 Fuß 11 Zoll im Halbmesser geschliffen, und auf der erhabenen Seite mit Quecksilber beleget war. Darauf hielt er einen Bogen weißes Papier in den Mittelpunkt der Kugelflächen, welche den Spiegel ausmacheten, oder etwa 5 Fuß 11 Zoll vom Spiegel, so daß der Strahl durch ein kleines Loch in dem Papiere gieng, und von da wieder zurück nach demselben geworfen wurde. Dabey beobachtete er auf dem Papiere vier oder fünf concentrische farbichte Ringe, wie Regenbogen, um das Loch herum, die sehr viel ähnliches mit dem oben beschriebenen an den dünnen Scheibchen hatten, aber breiter und matter waren. So wie diese Ringe immer breiter wurden, so wurden sie auch blasser, so daß der fünfte kaum sichtbar war; wiewohl doch, bey hellem Sonnenscheine, einige schwache Spuren eines sechsten und siebenten sich zeigten. War die Entfernung des Papieres vom Spiegel viel über oder unter sechs Fuß, so wurden die Ringe blasser und verschwanden. War der Spiegel vom Fenster viel über 6 Fuß entfernet, so ward der zurückgeworfene Strahl in der Entfernung von 6 Fuß vom Spiegel, wo die Ringe sich zeigten, so breit, daß er einen oder zwey der innersten verdunkelte. Deswegen stellete er gewöhnlich den Spiegel ohngefähr sechs Fuß vom Fenster, so daß dessen Vereinigungspunkt mit dem Mittelpunkte seiner Krümmung bey den Ringen auf dem Papiere zusammen fallen mußte. Und diese Lage des Spiegels ist im folgenden allemal zu verstehen, wenn nicht ausdrücklich eine andere angegeben wird a).

Die Farben dieser Ringe folgten vom Mittelpunkte herauswärts auf eben die Art auf einander, wie die an den beyden Objectivgläsern, wenn man durch diese hindurch sah. In der Mitte der Ringe war ein weißer, runder, schwach erleuchteter Flecken, der etwas breiter als der zurückgeworfene Lichtstrahl war. Diesen ließ er bisweilen mitten auf den Flecken fallen, bisweilen aber durch eine kleine Neigung

a) Newtoni Opt. L. 2. P. 4. obſ. 1. p. 246.

des Spiegels aus der Mitte desſelben heraustreten, daß man den Flecken, wie er bis zum Mittelpunkte weiß war, ſehen konnte. Er maaß die Durchmeſſer dieſer Ringe, und fand ſie gleichfalls in demſelben Verhältniſſe, wie an den Objectivgläſern [b]). Da er ein Prisma zu Hülfe nahm, entdeckete er dadurch noch mehr Ringe, als es ihm mit bloßem Auge möglich geweſen war, genau wie in jenen Verſuchen [c]).

Folgerungen daraus.

Wegen der ſonderbaren Uebereinſtimmung aller dieſer Erſcheinungen mit denen an den Gläſern beobachteten, glaubte er, daß dieſe Farben an der dicken Glasſcheibe faſt auf eben die Art, wie die an den ſehr dünnen Scheibchen entſtünden. Denn er fand, wie er das Queckſilber abgerieben hatte, daß das bloße Glas eben ſolche Ringe, nur weit matter, erzeugete; und daß alſo das Queckſilber die Erſcheinung nicht verurſachete, wenn es gleich, durch Verſtärkung der Zurückſtrahlung, das Licht der farbichten Ringe vermehrete. Ein metallener Spiegel brachte keine ſolche Ringe zuwege, und hieraus ſchloß er, daß ſie nicht von einer einzigen Spiegelfläche herrührten, ſondern von beyden Oberflächen der zum Spiegel gebrauchten Glasſcheibe, und der Dicke derſelben abhiengen [d]).

Ueberhaupt machte die Vergleichung der Farbenringe in dem obigen und dieſem Falle, es ihm erweislich, daß ſie einen und denſelben Urſprung hätten, nur mit dem Unterſchiede, daß die Farben der dünnen Scheibchen durch die abwechſelnde Zurückſendung und Durchlaſſung der Strahlen an der zwoten Fläche des Scheibchens entſtünden; dagegen in dieſem Falle die Strahlen durch die Scheibe gehen und zurückkehren, ehe ſie wechſelsweiſe zurückgeworfen oder durchgelaſſen werden, nachdem ſie zu dem einem oder dem andern, in dem Augenblicke, da ſie bey der erſten Fläche wieder ankommen, geneigt ſind [e]).

Beſtätigung derſelben.

Darauf machete er ſich daran, die Dicke des Glaſes zu meſſen, welches er zum Spiegel brauchete, und fand, daß ſie genau einen Viertelzoll betrug. Durch die hierüber angeſtellte Rechnung beſtätigte er ſeine Theorie, und verſicherte ſich, daß, weil dieſe Ringe mit denen an den dünnen Scheibchen einerley Art und Urſprunges wären, die abwechſelnden Anwandlungen des leichtern Zurück- oder Durchgehens auf große Entfernungen von jeder zurückwerfenden oder brechenden Fläche fortgepflanzet würden [f]).

Allein, um die Sache außer allen Zweifel zu ſetzen, nahm er ein anderes concav-converes Glas $\frac{5}{72}$ eines Zolles dicke, verglich die Erſcheinungen der Farben, die dieſes Glas hervorbrachte, mit deſſelben Dicke, und ward dadurch in ſeiner Hypotheſe noch mehr beſtätiget.

In

b) Newtoni Optices, L. 2. P. 4. obſ. 2. 3. p. 248.

c) ibid. L. 2. P. 4. obſ. 4. p. 249.

d) Newtoni Opt. L. 2. P. 4. obſ. 7. p. 254. Könnten die farbichten Ringe aber nicht von der Abſonderung der ungleichartigen Strahlen, bey der zweymaligen Brechung an der Vorderfläche des gläſernen Spiegels herrühren? Bey dem metallenen Spiegel waren keine Abſonderung der Strahlen, und auch keine farbichten Ringe. Der weiße Flecken in der Mitte der Ringe mag von Strahlen entſtanden ſeyn, die wenig gebrochen ſind, bey denen alſo der Unterſchied der Brechung unmerklich war. A.

e) Newtoni Opt. L. 2. P. 4. obſ. 7. p. 256.

f) ibid. L. 2. P. 4. obſ. 8. p. 258.

In den bisher angeführten Verſuchen brachte unſer Verfaſſer Farbenringe hervor, welche ſich an den über einander gelegten Objectivgläſern beym Durchſehen zeigten; durch eine Veränderung der Vorrichtung aber brachte er es auch dahin, daß die Farben in der Ordnung, wie dort beym Daraufſehen, erſchienen.

Ward der Sonnenſtrahl nicht gerade nach dem Loche im Fenſter hin wieder zurück geworfen, ſondern ein wenig zur Seite gelenket, ſo fiel der gemeinſchaftliche Mittelpunkt des obigen Fleckens und aller Farbenringe mitten zwiſchen den einfallenden und zurückgeworfenen Strahl, folglich in den Mittelpunkt der Kugelfläche des Spiegels, wenn nämlich das Papier daſelbſt gehalten ward. So wie der zurückgeworfene Strahl, durch die mehrere Neigung des Spiegels, ſich immer mehr von dem einfallenden und von dem zwiſchen ihnen liegenden gemeinſchaftlichen Mittelpunkte der Farbenringe entfernete, ſo wurden dieſe Ringe immer breiter; auch ward der weiße runde Fleck immer größer, und aus dem gemeinſchaftlichen Mittelpunkte entſprungen neue Farbenringe, dagegen der weiße Flecken zu einem weißen Ringe um ſie herum ward, auf deſſen Umfange in entgegengeſetzten Punkten die beyden Strahlen, der einfallende und zurückgeworfene fielen, und wie zwo Nebenſonnen an einem Hofe um die Sonne ausſahen. Die Farben dieſer neuen Ringe lagen in einer entgegengeſetzten Ordnung mit den erſten. Newton beſchreibt umſtändlich die Art, wie ſie hervorkamen, ſo wie die Entfernung des einfallenden und gebrochenen Strahles immer größer gemachet ward g). Veränderung des Verſuches.

Die Erſcheinungen, welche von andern Arten von Gläſern, als ungleich concav-convexen, oder plan-convexen, oder conver-convexen, hervorgebracht werden, trafen, ſo viel er es beobachten konnte, mit ſeiner Theorie überein. Sie wurden ihm aber zu umſtändlich, als daß er ſie genauer durchgehen konnte.

Siebenter Abſchnitt.

Beobachtungen über die Beugung des Lichtes.

Der Aufmerkſamkeit eines Newtons, der über Licht und Farben ſo viele Unterſuchungen angeſtellet hatte, konnten die merkwürdigen Beobachtungen des Dr. Hooke und Pater Grimaldi über die Diffraction, oder wie man es nachher genannt hat, die Inflection des Lichtes nicht entgehen; und wir finden auch in dem letzten Buche ſeiner Optik, daß er dieſe Verſuche mit der größten Sorgfalt wiederholet, verändert, und viel weiter als ſeine Vorgänger getrieben hat. Grimaldis Beobachtungen waren bis dahin noch ſo wenig genützet worden, daß alle Naturkündiger vor Newton die breiten Schatten, und ſelbſt die Lichtſäume, die jener beſchrieben hatte, aus der gewöhnlichen Strahlenbrechung in der Luft erklärten, welche aber unſer Verfaſſer von einer ganz andern Seite betrachtete. Weil in Newtons Verſuchen über die Beugung des Lichtes eine große Menge neuer Erſcheinungen vorkömmt, und ſeine Schlüſſe, die er daraus zieht, für die Theorie des Lichtes und der Farben

g) Newtoni Optices, L. 2. P. 4 obſ. 10. 11. p. 264 ſqq.

Farben von Wichtigkeit ſind, ſo glaube ich, um meine Pflicht als Geſchichtſchreiber zu erfüllen, den Inhalt des dritten Buches ſeiner Optik umſtändlich erzählen zu müſſen. Ueberdem, da dieſe Verſuche die letzten ſind, die er gemachet hat, und von ihm ſelbſt für unvollſtändig angegeben werden, ſo iſt eine ausführliche Erzählung derſelben deſto nöthiger, um andere dadurch in den Stand zu ſetzen, ſie zu wiederholen, und weiter auszuführen.

Verſuch mit dem Schatten eines Haares.

In ein Stück Bley machete er mit einer Nadel ein Loch, $\frac{1}{42}$ eines Zolles breit, ließ dadurch in ſein verfinſtertes Zimmer einen Sonnenſtrahl fallen, und fand, daß der Schatten eines Haares oder anderer dünner Körper, die er in den Strahl hielt, viel breiter war, als er hätte ſeyn müſſen, wenn das Licht in gerader Linie bey den Körpern vorbeygegangen wäre. Er ſchloß alſo hieraus, das Haar müſſe auf das Licht auf eine nicht ganz geringe Entfernung wirken, und die nächſten Strahlen am ſtärkſten, die entferntern immer weniger, nach Maaßgabe ihrer Entfernung, ablenken. Darum war auch, wenn das Papier, worauf der Schatten fiel, dem Haare näher gehalten ward, der Schatten in Verhältniß der Entfernung breiter, als wenn das Papier weiter vom Haare entfernet ward.

Er fand, daß es gleichgültig war, ob das Haar mit Luft oder einem andern durchſichtigen Körper umgeben war. Denn wie er das Haar zwiſchen zwo polirte Glasplatten, die er mit Waſſer auf den innern Seiten benetzet hatte, legete, und es ſo in den Strahl hielt, war der Schatten in derſelben Entfernung ſo breit wie vorher. Ritzen auf polirten Glasplatten, und Adern im Glaſe, warfen eben dergleichen breite Schatten aufs Papier, daß alſo die vergrößerte Breite des Schattens von einer andern Urſache, als der Brechung der Luft, herrühren muß *).

Lichtſäume der Schatten.

Die Schatten aller Körper, als Metalle, Steine, Glas, Holz, Horn, Eis, ꝛc. die in dieſem Lichte gehalten wurden, waren mit drey parallelen bunten Lichtſäumen, oder Streifen umgeben, wovon der erſte, zunächſt an dem Schatten am breiteſten und helleſten, der entfernteſte aber am ſchmalſten und ſo blaß war, daß man ihn kaum erkennen konnte. Dieſe Farben ließen ſich ſchwerlich von einander unterſcheiden, wenn das Licht nicht ſehr ſchief auf ein weißes glattes Papier fiel, und ſie auf ſolche Art viel breiter als ſonſt erſchienen. Alsdenn aber ließen ſie ſich recht wohl erkennen und zwar in folgender Ordnung. Der erſte oder innerſte Saum war zunächſt dem Schatten violet und dunkelblau, in der Mitte hellblau, grün und gelb, und nach außen roth. Der zweete Saum berührete den erſten beynahe, ſo wie der dritte den zweeten. Sie waren beyde einwärts blau, und nach außen gelb und roth, aber ſehr blaß, beſonders der dritte. Die Schatten von Ritzen und Blaſen in polirten Glasplatten hatten ebenfalls dergleichen bunte Lichtſäume. Auch beobachtete er, daß wenn man in die Sonne durch eine Feder oder ein ſchwarzes Band, die man dicht vor das Auge hält, ſieht, einige Regenbogen ſich zeigen, weil die Schatten, welche die Fibern oder Fäden auf die Netzhaut werfen, mit dergleichen farbichten Säumen umgeben ſind.

Er maaß dieſe Säume und ihre Zwiſchenräume mit der größten Genauigkeit, und fand, daß ſich die erſten verhielten wie die Zahlen 1, $1\frac{1}{3}$, $1\frac{1}{7}$, und daß ihre Zwiſchen-

a) Newtoni Optica, L. 3. obſ. 1. p. 272. *b*) ibid. L. 3. obſ. 2. p. 274.

Zwiſchenräume ſich in eben dieſe Fortſchreitung ſchicketen, das iſt, die Breiten jener und dieſer verhielten ſich nach der Ordnung wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{4}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$, nächſtens. Dieſe Verhältniſſe blieben in allen Entfernungen vom Haare beynahe dieſelben. Die dunkeln Zwiſchenräume waren nur in der Nähe nicht ſo ſchwarz und deutlich, wie in großen Entfernungen [c]).

Lichtſtreifen, die in den Schatten laufen.

Die folgende Beobachtung unſers Verfaſſers zeiget uns eine ſehr merkwürdige und ſonderbare Erſcheinung, welche man unter den Umſtänden nicht vermuthen ſollte, wiewohl ſie doch einer von Dr. Hooke beobachteten ziemlich ähnlich iſt. Als die Sonne durch ein Loch $\frac{1}{4}$ Zoll weit in ſein Zimmer ſchien, ſtellete er zween bis drey Fuß von dem Loche ein Blatt Pappe, das auf beyden Seiten ſchwarz war, und in der Mitte ein Loch $\frac{1}{4}$ Zoll ins Gevierte hatte, das Licht durchzulaſſen. Hinter dem Loche befeſtigte er an die Pappe eine ſcharfe Meſſerklinge, die von dem durchgehenden Lichte etwas auffangen mußte. Die Flächen der Pappe und des Meſſers waren einander parallel und ſenkrecht auf die Strahlen. Er ſtellete ſie ſo, daß kein Licht auf die Pappe fiel, ſondern alles durch das Loch theils auf das Meſſer traf, oder an der Schärfe deſſelben vorbeygieng. Den vorbeygehenden Theil ließ er auf ein weißes Papier zwey oder drey Fuß hinter dem Meſſer fallen, worauf er zween ſchwache Lichtſtreifen aus dem eigentlichen Lichtſtrahle auf beyden Seiten hin in den Schatten, wie Kometenſchwänze, ſich erſtrecken ſah. Weil aber das gerade auffallende Sonnenlicht durch ſeinen Glanz auf dem Papiere dieſe ſchwache Streifen verdunkelte, daß ſie kaum zu erkennen waren, ſo machete er ein kleines Loch in das Papier, daß das Sonnenlicht dadurch, und auf ein dahinter geſtelletes ſchwarzes Tuch fiel. Und nun ſah er die Lichtſtreifen ganz deutlich. Sie waren einander an Länge, Breite und Stärke des Lichtes ziemlich gleich. Ihr Licht war zunächſt an dem gerade auffallenden Sonnenlichte, auf eine Weite von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Zoll ziemlich ſtark, und nahm von da an, nach und nach ab, bis es ganz unkenntlich ward. Die ganze Länge jedes dieſer Streifen, drey Fuß vom Meſſer auf dem Papiere gemeſſen, betrug etwa 6 bis 8 Zoll, und machete alſo von der Schärfe des Meſſers einen Winkel von etwa 10 oder 12 höchſtens 14 Graden. Bisweilen kam es ihm vor, daß es ſich noch einige Grade weiter erſtrecken möchte. Dieſes Licht war aber faſt unkenntlich, und mochte, wie er vermuthete, wenigſtens zum Theil von einer andern Urſache, als die beyden Lichtſtreifen herrühren [d]).

Beugung des Lichtes zwiſchen zwo parallelen Meſſerſchneiden.

Darauf ſtellete er ein zweytes Meſſer dergeſtalt neben das erſte, daß ihre Schärfen parallel einander gegen über lagen, und der Lichtſtrahl zwiſchen beyden durchgehen mußte. Als ſie etwa $\frac{1}{400}$ Zoll noch von einander entfernet waren, theilete ſich der durchgegangene Lichtſtrahl in zween Theile, und ließ einen Schatten dazwiſchen. Dieſer Schatten war ſo dunkel und ſchwarz, daß alles zwiſchen den Meſſern durchgegangene Licht nach einer oder der andern Seite hin gebogen zu ſeyn ſchien. So wie die Meſſer einander genähert wurden, ward der Schatten immer breiter, und die Lichtſtreifen

c) Newtoni Optica L. 3. obſ. 3. 4. pag. 276. ſqq.

d) ibid. L. 3. obſ. 5. p. 279.

ſtreifen von der Seite nach dem Schatten hin kürzer, bis zuletzt, da die Meſſer ſich berührten, alles Licht verſchwand. Aus dieſem Verſuche ſchließt Newton, daß das am wenigſten gebogene Licht, welches nach den inwendigen Enden der Lichtſtreifen zugeht, am weiteſten von den Schneiden der Meſſer vorbeygehe, und zwar in der Entfernung von $\frac{1}{800}$ Zoll, wenn der Schatten zwiſchen den Lichtſtreifen zu erſcheinen anfieng; daß aber das näher an den Schneiden vorbeygehende Licht immer mehr gebogen, und nach denen Theilen der Streifen gelenket werde, welche von dem gerade auffallenden Lichte weiter entfernet ſind; weil bey Annäherung der Schneiden die Theile der Streifen, die ſich von dem geraden Lichte am meiſten entfernten, zuletzt verſchwanden *e*).

In dem Verſuche mit einem Meſſer allein erſchienen keine farbichten Säume, weil ſie wegen der Weite des Loches im Laden ſo breit wurden, daß ſie in einander liefen: allein in dem letzten Verſuche fiengen bey der Annäherung der Schneiden, kurz vorher, ehe der Schatten zwiſchen den Lichtſtreifen eintrat, auf den innern Enden derſelben, zu beyden Seiten des geraden Lichtes, Säume an ſich ſehen zu laſſen; drey auf jeder Seite, die von jeder der beyden Schneiden entſtanden. Am deutlichſten waren ſie, wenn die Meſſer vom Loche im Fenſter am weiteſten entfernet waren, und wurden deſto deutlicher, je kleiner das Loch gemachet ward, ſo daß er bisweilen ſogar ſchwache Spuren eines vierten Saumes entdecken konnte. Je näher die Schneiden zuſammen kamen, deſto breiter und deutlicher wurden die Säume, bis daß ſie, der äußerſte zuerſt, der innerſte zuletzt, verſchwanden. Nachdem ſie alle verſchwunden waren, und die zwiſchen ihnen befindlich geweſene helle Linie ſehr breit geworden war, daß ſie ſich zu beyden Seiten in die vorher beſchriebenen Lichtſtreifen erſtreckete, ſo fieng der erſt erwähnte Schatten in der Mitte dieſer Linie ſich zu zeigen an, und theilete ſie der Länge nach in zwo helle Linien, und ward immer breiter, bis alles Licht verſchwand. Die Säume wurden zuletzt ſo breit, daß die Strahlen, welche nach dem innerſten Saume zugiengen, gleich vorher, ehe er verſchwand, ungefähr zwanzigmal mehr gebogen zu ſeyn ſchienen, als wenn eines der Meſſer weggenommen war.

Aus dieſen beyden Verſuchen ſchließt unſer Verfaſſer, daß das Licht des erſten Saumes vor der Schneide des Meſſers etwas weiter als $\frac{1}{800}$ eines Zolles, das Licht des zweeten Saumes etwas weiter als des erſten, und das Licht des dritten Saumes noch etwas weiter vorbeygegangen; und daß das Licht, welches die vorher beſchriebenen hellen Streifen hervorbrachte, näher an den Schneiden vorbeygefahren ſey, als daß zu den Säumen gehörige Licht *f*).

Und zwiſchen zwo geneigten.

Er ließ hierauf die Schneiden zweyer Meſſer recht geradlinicht ſchleifen, ſteckete ſie mit ihren Spitzen in einen Tiſch, ſo daß ihre Schneiden einander gegen über lagen, und nicht weit von den Spitzen zuſammenliefen, und ſolchergeſtalt einen geradlinichten Winkel macheten, worauf er die Griffe mit Peche an einander befeſtigte, damit der Winkel ſich nicht verändern ſollte. Die Schneiden waren vier Zoll von dem

e) Newtoni Optica L. 3. obſ. 6. p. 281. *f*) ibid. L. 3. obſ. 7. p. 282.

dem Mittelpunkte um $\frac{1}{8}$ Zoll von einander entfernet, daß daher der Winkel etwa 1° 54′ war. In dieſer Lage ſtellete er die Meſſer in einen Sonnenſtrahl, der in ein verfinſtertes Zimmer durch ein Loch $\frac{1}{42}$ Zoll weit fiel, 10 bis 15 Fuß weit von dem Loche; und ließ das zwiſchen den Schneiden durchgehende Licht ſehr ſchief auf ein glattes weißes Lineal, einen halben oder ganzen Zoll von den Meſſern fallen. Hier ſah er, daß die Säume, welche von den beyden Meſſerſchneiden herrühreten, längſt den Rändern der Schatten dieſer Meſſer parallel mit ihnen hinliefen, ohne merklich breiter zu werden; bis daß ſie in Winkeln, ſo groß wie der Winkel der Schneiden zuſammenſtießen, und ſich, ohne ſich zu kreuzen, endigten. Ward aber das Lineal viel weiter von den Meſſern weg gehalten, ſo wurden die Säume etwas breiter, je näher ſie einander kamen; und wo ſie zuſammen kamen, kreuzeten ſie ſich, und wurden viel breiter als vorher.

Hieraus ſchloß er, daß die Entfernungen, in welchen das nach den Säumen laufende Licht vor den Meſſern vorbeygieng, durch die Annäherung der Schneiden zu einander weder vermehret noch vermindert würden; allein daß die Winkel, unter welchen die Strahlen daſelbſt gebogen werden, durch dieſe Annäherung ſehr zunähmen; und daß das Meſſer, welches einem Strahle zunächſt lag, die Gegend beſtimmete, nach welcher der Strahl gebogen werden ſollte, daß aber das andere Meſſer dieſe Beugung vermehrete g).

Wie die Strahlen ſehr ſchief auf das Lineal, ein drittheil Zoll von den Meſſern, fielen, ſo ſchnitten ſich die ſchwarzen Linien zwiſchen dem erſten und zweeten Saume des Schattens von dem einen und dem andern Meſſer, in der Weite $\frac{1}{7}$ Zoll von dem Ende des Lichtes, das zwiſchen den Meſſern, an der Stelle, wo ihre Schneiden zuſammenliefen, durchgieng; daß alſo die Entfernung der Schneiden, bey dem Punkte, wo dieſe ſchwarzen Linien zuſammen kamen, der 160ſte Theil eines Zolles war h). Veränderungen in der Figur der Säume.

Die eine Hälfte des Lichtes, das an dieſer Stelle durchgieng, war folglich nicht mehr als $\frac{1}{1120}$ Zoll von der Schneide des einen Meſſers entfernet, und machete auf dem Papiere, worauf es fiel, die Säume des Schattens von dieſem Meſſer; ſo wie auch die andere Hälfte in eben dieſer Entfernung von der Schneide des andern Meſſers vorbeygieng, und auf dem Papiere die Säume des Schattens von dem andern Meſſer hervorbrachte. Allein, wenn das Papier von den Meſſern weiter als $\frac{1}{3}$ Zoll entfernet ward, ſo liefen jene dunkeln Linien in einer größern Entfernung als $\frac{1}{7}$ Zoll, von dem Ende des zwiſchen den Meſſern, an dem Punkte ihres Zuſammenſtoßens, durchgelaſſenen Lichtes zuſammen; daß alſo das Licht, welches auf das Papier bey dem Vereinigungspunkte dieſer dunkeln Linien fiel, zwiſchen den Meſſern an einer Stelle durchgieng, wo ſie mehr als $\frac{1}{1120}$ Zoll von einander entfernet waren. Denn

g) Newtoni Optica L. 3. obſ. 8. p. 283.

h) Wie ſich nämlich verhalten 4 Zoll zu $\frac{1}{8}$ Zoll, ſo verhält ſich jede andere Länge der Schneiden, von dem Punkte ihrer Zuſammenkunft an gerechnet, zu der Entfernung der Schneiden in dieſer Weite von jenem Punkte, oder ſo verhält ſich hier $\frac{1}{7}$ Zoll zu $\frac{1}{160}$ Zoll. K.

ein anbermal, wie die zwey Meſſer 8 Fuß 5 Zoll von dem kleinen Loche im Fenſter entfernet waren, waren die Entfernungen der Schneiden an der Stelle, wo das Licht durchgieng, das neben dem Vereinigungspunkte jener dunkeln Linien auf das Papier fiel, wie folgende Tabelle zeiget, in welcher auch die Entfernungen des Papieres von den Meſſern beygeſetzet ſind.

Entfernungen des Papieres von den Meſſern in Zollen	Entfernungen der Schneiden von einander in Tauſendtheilchen eines Zolles
$1\frac{1}{4}$	0,012
$3\frac{1}{4}$	0,020
$8\frac{3}{4}$	0,034
32	0,057
96	0,081
131	0,087

Aus dieſen Beobachtungen ſchloß er, daß das Licht, welches die Säume machet, nicht immer in allen Entfernungen des Papieres von den Meſſern deſſelben bleibt: ſondern daß die Säume, wenn das Papier näher an die Meſſer gerücket wird, aus Strahlen entſtehen, welche näher bey den Schneiden der Meſſer vorbeyfahren, und auch mehr gebogen werden, als wenn das Papier weiter von den Meſſern gehalten wird [i]).

Hyperboliſche Figur der Säume.

Wenn die Säume der Schatten von den Meſſern ſenkrecht auf das Papier, in einer großen Entfernung von den Meſſern fielen, ſo hatten ſie die Figur einer Hyperbel, und die Säume von dem Schatten der einen Schneide kreuzten die Säume von dem Schatten der andern. Wenn man ſich auf dem Papiere zwo Linien vorſtellet, die mit den Schneiden parallel ſind, und durch deren Winkelpunkt eine Linie zieht, die gegen jene beyden Linien gleich viel geneiget iſt, ſo laufen die Schenkel der Hyperbeln auf beyden Seiten von dem Mittelpunkte längſt dieſer Linie hin [k]).

Beobachtungen mit dem farbichten Lichte der Prismen.

Er hielt auch vor das kleine Loch, das er mit einer Nadel in Bley gemachet hatte, in dem verfinſterten Zimmer, ein Prisma, das Licht dadurch zu brechen, und auf der gegen über ſtehenden Wand ein farbichtes Bild der Sonne zu entwerfen. Darauf hielt er Körper in das farbichte Licht zwiſchen das Prisma und die Wand, und fand, daß ihre Schatten bloß Säume von derjenigen Farbe hatten, welche dem Lichte eigen war, in das ſie gehalten wurden. Auch fand er, daß die Säume im rothen Lichte am breiteſten, im violetnen am ſchmalſten, und im grünen von mittlerer Breite waren. Denn da er die Säume an dem Schatten eines Menſchenhaares, acht Zoll von dem Haare, queer über dem Schatten, maaß, ſo fand er die Entfernungen des mittelſten und helleſten Theiles in dem erſten oder innern Saume auf jeder Seite des Schattens, im lebhaften rothen Lichte $\frac{1}{37\frac{1}{2}}$ Zoll, im lebhaften violetnen $\frac{1}{48}$ Zoll groß. Desgleichen waren die Entfernungen des

i) Newtoni Optica L. 3. obſ. 9. p. 285. k) ibid. L. 3. obſ. 10. p. 287.

des mittelſten und helleſten Theiles des zweeten Saumes auf jeder Seite des Schattens, in lebhaften rothem Lichte $\frac{1}{32}$ Zoll, und in lebhaften violetnem $\frac{1}{27}$ Zoll groß. Und dieſe Entfernungen der Säume von einander behielten in allen Entfernungen vom Haare daſſelbe Verhältniß unter einander, ohne irgend eine merkliche Abweichung.

Aus dieſen Beobachtungen erhellet, daß die Strahlen, welche die Säume in dem rothen Lichte hervorbrachten, weiter vor dem Haare vorbeygiengen, als diejenigen, von welchen ähnliche Säume in dem violetnen Lichte herrührten; ſo daß das Haar, welches dieſe Säume verurſachete, auf die rothen oder am wenigſten brechbaren Strahlen in einer größern Entfernung eben ſo wirkete, wie auf die violetnen oder die am meiſten brechbaren Strahlen in einer kleinern Entfernung; und auf dieſe Art das rothe Licht in breitere, das violetne in ſchmälere Säume ausbreitete, ohne die Farbe irgend einer Gattung zu verändern.

Demnach läßt ſich folgern, daß, wie das Haar in der erſten Beobachtung in den weißen Sonnenſtrahl gehalten ward, und einen mit dreyfarbichten Säumen verbrämten Schatten aufs Papier warf, dieſe Farben nicht von gewiſſen neuen, durch die Einwirkung des Haares auf das Licht, hervorgebrachten Modificationen entſtanden; ſondern daß die verſchiedenen Gattungen von Strahlen verſchiedentlich gebogen, und dadurch von einander geſondert ſind, daher nun, nach der Abſonderung, die ihnen eigenthümlichen Farben ſichtbar wurden, welche vorher, bey der Miſchung der Strahlen, das weiße Sonnenlicht ausmacheten [1]). Schlußfolgen.

Unſer Verfaſſer hatte ſich vorgenommen, dieſe Materie noch ſorgfältiger und weiter zu bearbeiten, ward aber unterbrochen, und ließ ſie hernach völlig liegen. Hier ſind inzwiſchen aus ſeinen optiſchen Fragen, am Ende ſeines Werkes, einige, die Beugung des Lichtes betreffend, welche wir, den vorhergehenden Beobachtungen zu folge, mit Ja ſcheinen beantworten zu dürfen.

1. Wirken nicht die Körper ſchon in einiger Entfernung auf das Licht, und beugen dadurch die Lichtſtrahlen? Und iſt nicht dieſe Wirkung, bey ſonſt gleichen Umſtänden, in der kleinſten Entfernung am ſtärkſten? Fragen über die Beugung.

2. Sind nicht die in der Brechbarkeit verſchiedene Strahlen auch in der Biegbarkeit verſchieden; und werden ſie nicht durch die verſchiedenen Beugungen von einander geſondert, und bringen dadurch die oben beſchriebenen bunten Säume hervor? und auf welche Art werden ſie gebogen, um dieſe Säume zu bilden?

3. Werden nicht die Lichtſtrahlen, indem ſie neben den Rändern und Seiten der Körper vorbeygehen, mehrmals hin und her, auf eine ſchlangenförmige Art gebogen? Und entſtehen nicht vielleicht die drey Farbenſäume aus drey ſolchen Brechungen?

4. Fangen nicht die Lichtſtrahlen, die auf Körper fallen, und von ihnen gebrochen, oder zurückgeworfen werden, ehe ſie noch die Körper berühren, an gebogen zu werden? Und geſchieht nicht die Zurückwerfung, Brechung und Beugung durch

[1]) Newtoni Optica L. 3. obſ. 11. p. 289.

durch eine und dieselbe Kraft, die sich unter verschiedenen Umständen verschiedentlich äußert m)?

Achter Abschnitt.

Vermischte Artikel.

Erstes Kapitel.

Von der physikalischen Ursache der Zurückwerfung, der Brechung und der Beugung des Lichtes.

Descartes scheint der erste gewesen zu seyn, der die physikalische Ursache der Zurückwerfung und Brechung zu erforschen unternommen hat; allein er sowohl als seine Gegner baueten auf der Voraussetzung, daß das Licht bey seinem Eingange in Körper Widerstand antreffe, und waren nur bloß in der Schätzung des Verhältnisses dieses Widerstandes bey verschiedenen Körpern uneinig. Vor Newton fiel es niemanden ein, daß die Zurückwerfung und Brechung durch zurückstoßende und anziehende Kräfte, welche in den Körpern lägen, und sich auf eine gewisse Weite jenseits ihrer Oberflächen erstrecketen, verursachet werden könnte. Dieses vorausgesetzt, wie auch, daß das Licht aus Theilchen bestehe, welche von dem leuchtenden Körper ausfahren, beweist er in seinen Principiis, daß der Einfallssinus mit dem Brechungssinus allemal in einem bestimmten Verhältnisse stehe. Denn er beweist aus geometrischen Gründen, daß, wenn zwey gleichartige Mittel durch einen zwischen zwo parallelen Ebenen beschlossenen Raum von einander abgesondert werden, und ein Körper bey dem Durchgange durch diesen Raum senkrecht gegen eines der beyden Mittel gezogen oder gestoßen wird, ohne von einer andern Kraft getrieben oder gehindert zu werden; wenn ferner die anziehende Kraft in gleichen Entfernungen von derselben Ebene auf derselben Seite allenthalben von gleicher Größe ist: daß alsdenn der Sinus des Einfallswinkels auf die eine Ebene mit dem Sinus des Ausfallswinkels auf der andern Ebene, in einem gegebenen Verhältnisse stehen werde a).

Newtons Erklärung der Zurückwerfung und Brechung.

Er beweist auch, daß unter eben diesen Voraussetzungen, die Geschwindigkeit des Körpers, ehe er auffällt, zu seiner Geschwindigkeit, nachdem er ausgefahren ist, wie der Sinus des Ausfallswinkels zu dem Sinus des Einfallswinkels sich verhalte;

m) Sorgfältig angestellte Versuche mit der Beugung des Lichts findet man in de l' Isle zu Petersburg 1738 herausgekommenen Memoires pour servir à l' histoire et au progres de l' astronomie etc. pag. 205 sqq. wo verschiedenes, was Newton nicht bemerket hat, angeführet wird. Diese Eigenschaft des Lichts hat viel Einfluß in die Astronomie. Sie ändert die Maaße der himmlischen Weiten, die man durch das Mikrometer nimmt, und verursachet vermuthlich den Ring, den man bey gänzlichen Mondfinsternissen um den Mond gesehen hat. Denn man sieht eben dergleichen Ring um jede glatte Kugel, die man im verfinsterten Zimmer vor das Loch, wo das Licht hereinfällt, hängt. Käſtners Lehrb. der Opt. S. 441. A.

a) Newtoni Principia, L. 1. Prop. 94.

verhalte; daß alſo das Licht beym Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres an Geſchwindigkeit zunimmt [b]).

Ferner, zeiget er noch, daß unter denſelben Vorausſetzungen, wenn dabey die Geſchwindigkeit des Körpers beym Auffallen größer iſt, als beym Ausfahren, dieſer bey zunehmendem Einfallswinkel endlich zurückgeworfen, und der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich werde [c]).

Das Licht wirket nicht durch ein flüßiges Mittel.

Daß das Licht nicht in irgend einer Art von Wirkung auf ein flüßiges Mittel beſtehe, ſchließt er daraus, weil er bewieſen hatte, daß der Druck durch ein flüßiges Mittel nie nach der geraden Linie fortgepflanzet werde, als wenn die Theilchen des Mittels in gerader Linie liegen; und daß jede Bewegung in einem flüßigen Mittel von der geraden Richtung nach den unbewegten Stellen hin abweiche [d]). Giebt man dies zu, ſo iſt wohl ſchwerlich eine andere Hypotheſe zu erdenken, die mit den Erſcheinungen des Lichtes übereinſtimmete, als die, daß der leuchtende Körper Theilchen ausſendet, auf welche andere Körper durch die Anziehung und Zurückſtoßung wirken. Deswegen iſt auch außer dieſer keine andere, auf welche die angeführten Sätze paſſen.

Da ich Newtons Gedanken über die Zurückwerfung, Brechung und Beugung erzählet habe, ſo will ich auch einige andere nach Bekanntmachung derſelben zum Vorſchein gekommene Theorien berühren. Unter dieſen machet billig diejenige den Anfang, welche **Leibnitz**, der große Nebenbuhler Newtons, in der Fluxionenrechnung, und in der That der einzige Ausländer unter allen ſeinen Zeitgenoſſen, der ihm noch zur Seite geſtellet wird, vorbrachte. Weil er mit der Carteſianiſchen Theorie unzufrieden war, ſo nahm er, wie ſchon oben erwähnet iſt, des **Fermat** ſeine an, und behauptete, das Licht gehe von einem Punkte zum andern auf dem leichteſten Wege, der möglich iſt. Allein, außer dem, was ſchon oben erinnert iſt, zeiget noch Dr. **Smith**, daß dieſe Hypotheſe bloß auf den Fall der Brechung durch eine ebene Fläche paſſet; und daß, wenn er einen Schritt weiter gegangen wäre, und ſich bemühet hätte, ſeinen Grundſatz auf hohle und erhabene Flächen anzuwenden, wie er ſagete, daß er thun wollte, er bald die Unzulänglichkeit deſſelben würde erkannt haben [e]). Ferner iſt es nicht leicht zu begreifen, was Leibnitz unter leicht und ſchwer in Beziehung auf den Weg des Lichts verſtanden haben mag [f]). Doch dem ſey, wie ihm wolle, ſo muß beydes im leeren Raume wegfallen,

Leibnitzens Erklärung des Geſetzes der Brechung.

b) Newtoni Principia, L. 1. prop. 95.

c) ibid. L. 1. prop. 96.

d) ibid. L. 2. prop. 41. 42. 50. ſchol.

e) Eine Beantwortung dieſer Einwendung findet man in Hrn Käſtners Lehrbegriffe der Optik, S. 85. und in deſſelben Diſſertt. mathem. et phyſ. p. 22. B.

f) Leibnitz hat freylich ſeine Begriffe von Leichtigkeit und Schwierigkeit nach dem Satze eingerichtet, den er beweiſen wollte. Er ſaget auch nicht, wie es in dem Falle gehe, wenn das Licht aus dem leeren Raume kömmt, oder in denſelben fährt. Es bleibt daher ſein Begriff vom Widerſtande dunkel; er ſaget nur, daß dasjenige Mittel mehr Widerſtand zu thun ſcheine, welches die Ausbreitung des Lichtes mehr verhindere. Doch würde er wohl nicht zugeben, daß der Widerſtand im leeren Raume gegen den in einem andern Mittel verſchwinde,

oder

len, und darum ist, für einen Strahl, von einem gegebenen Punkte in einem wiederstehenden Mittel in den leeren Raum zu kommen, der leichteste Weg, nach einer auf die brechende Fläche senkrechten Linie, als dem kürzesten Wege durch jede Schwierigkeit oder Widerstand zu gehen, worauf er, da nun alle Schwierigkeit vorbey ist, jeden Weg, wie er will, im leeren Raume nehmen kann: so wie er auch Gegentheils auf der Rückkehr aus dem leeren Raume in das dichte Mittel eben diesen Weg nach der senkrechten Linie nehmen muß. Demnach müßten die Sonnenstrahlen, die auf die Atmosphäre fallen, alle gerade nach dem Mittelpunkte der Erde gebrochen werden, weil dies der kürzeste und leichteste Weg durch den Dunstkreis ist; und wir müßten die Sonne allenthalben und zu jeder Zeit über unserm Kopfe sehen. Wie wohl es ist kein Wunder, daß aus einer willkührlichen Hypothese sonderbare Folgen fließen *f*).

Bernoullis Erklärung

Beyde **Bernoulli**, Vater und Sohn, haben die Brechung aus mechanischen Grundsätzen zu erklären gesuchet, jener aus dem Gleichgewichte der Kräfte, dieser eben daher, mit Zuziehung ätherischer Wirbel. Aber keine von beyden Hypotheſen hat so viel Beyfall erhalten, daß es sich verlohnete, sie vorzutragen *h*).

und Mairans.

Mairan versuchete auch eine Erklärung vermittelst eines feinen Fluidum, das die Zwischenräumchen aller Körper ausfüllen, und sich, wie eine Atmosphäre, ein weniges über ihre Oberflächen hinaus erstrecken sollte: und nimmt nun an, die Brechung des Lichtes sey nichts als eine nothwendige und mechanische Folge davon, daß ein kleiner Körper in solchen Umständen auffällt. Das brechende Fluidum soll im Wasser in größerer Menge als in Luft, aber in kleinerer Menge als im Glase, und überhaupt in einem dichtern Mittel häufiger als in einem dünnern enthalten seyn *i*).

Licht stößt nicht auf die Körper.

Dr. **Smith** bemerket, daß alle andere Theorien, außer Newtons seiner, annehmen, das Licht stoße auf die Körper, und leide von ihnen Widerstand, welches doch nie aus Erfahrungsgründen bewiesen ist. Das Gegentheil erhellet vielmehr aus den oben im 5 Abschnitte nach Newton angeführten Bemerkungen, und ließe sich auch aus **Molineux** und **Bradleys** unten anzuführenden Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne zeigen, da ihre Strahlen weder von der schnellen Bewegung des Dunstkreises der Erde, noch von dem Objectivglase, wodurch sie gehen, einigen Anstoß leiden. Ja aus Newtons Theorie von der Refraction, die sich bloß auf die Erfahrung gründet, erhellet, daß das Licht bey der Brechung in ein dichteres

oder besser, daß das Licht unendlich leichter im leeren Raume als in einem andern Mittel fortkomme; sondern behaupten, daß die Leichtigkeit in dem einen gegen die in dem andern noch ein endliches Verhältniß habe, und alsdenn fällt die folgende Einwendung weg. Ich halte Leibnitzens Grundsatz zwar nur für einen sinnreichen Einfall, den man, wie mehrentheils dergleichen Gedanken, nicht zu genau beleuchten muß. Es sollte mir aber doch leid thun, wenn etwas gar zu ungereimtes daraus folgete. A.

g) Smith's Opticks, Remarks, p. 70. (d. d. A. S. 440.)

h) Des Vaters seine Abhandlung steht in seinen Opp. vol. 1. nr. 65. p. 369, und in den Act. Erud. 1701. und verdienet immer noch gelesen zu werden. Man sehe auch von seiner Diss. de mercurio lucente in vacuo das 3. Kap. A.

i) Saverien, Dictionnaire, vol. 2. p. 371.

dichteres Mittel ſo wenig Widerſtand und Aufhaltung findet, daß es vielmehr darinne geſchwinder, als im leeren Raume geht k).

Maupertuis nimmt an, daß jeder Strahl bey dem Uebergange aus einem Mittel in ein anderes, denjenigen Weg ausſuchet, bey welchem die Größe der Wirkung ein Kleinſtes iſt. Dieſe Größe der Wirkung kömmt auf die Geſchwindigkeit des Körpers und den von ihm beſchriebenen Weg an, und verhält ſich alſo, wie die Summe der Produkte aus den beſchriebenen Räumen in die dazu gehörigen Geſchwindigkeiten. Aus dieſem Grundſatze leitet er die Unveränderlichkeit des Verhältniſſes zwiſchen dem Einfalls- und Brechungsſinus her, und bauet darauf auch die andern Geſetze, die Fortpflanzung und Zurückwerfung des Lichtes betreffend l). Maupertuis Erklärung.

Zweytes Kapitel.

Methoden, die brechenden Kräfte verſchiedener Körper zu meſſen.

Da die neue Lehre von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen es nothwendig machete, die Brechungsverhältniſſe bey verſchiedenen Mitteln genauer zu meſſen, als bisher geſchehen war, ſo erdachte Newton hierzu einige praktiſche Methoden, ſowohl für flüßige als dichte Körper, die er in ſeinen optiſchen Vorleſungen p. 51. umſtändlich beſchreibt. Doch iſt folgende Nachricht faſt gänzlich aus Dr. Smiths Optik genommen.

Seine erſte Methode war, ein enges tiefes Gefäß mit dem flüßigen Weſen zu füllen, damit der Verſuch ſollte angeſtellet werden. Dieſes befeſtigte er an einem viereckichten ziemlich langen Stücke Holz, deſſen entgegen geſetzte Seiten vollkommen eben und parallel waren. An der Seite deſſelben, welche dem Gefäße gegen über lag, befeſtigte er einen Quadranten, damit, wenn der Lichtſtrahl durch die Materie im Gefäße genau parallel mit der Fläche des Balken gebrochen war, durch dieſes Werkzeug der Neigungswinkel des Strahles gefunden werden möchte. Verglich er dieſen Winkel mit der Höhe der Sonne, die zu gleicher Zeit gemeſſen ward, ſo fand er daraus ſowohl den Einfalls- als Brechungswinkel. Aus der fig. 62. wird man ſich einen hinlänglichen Begriff von dieſer Methode machen können. Es ſtellet daſelbſt HK den Balken vor, an deſſen eine Seite zwey viereckichte Bretter bey H und K ſenkrecht aufgeſetzet ſind; C iſt ein Gefäß mit dem brechenden Körper, welches an das Brett bey H mit gutem Kütte befeſtiget iſt. Es iſt bey F zugleich mit dem Brette durchbohret. Dieſes Loch wird mit einem daran gekütteten Glaſe verſchloſſen. Auf dem Brette bey K iſt ein Zeichen in R, ſo daß der Strahl FR durch den Mittelpunkt der Oeffnung im Gefäße, und das Zeichen R parallel mit der Fläche HK iſt. Auf der andern Seite des Balkens iſt der Quadrant mit ſeinem Lothe kr angebracht. Erſte Methode die Größe der Brechung zu finden. fig. 62.

Am

k) Smith's Opticks, Remarks, p. 90.

l) Mem. de l'Acad. de Paris, 1743. p. 575.

Zweyte durchs Prisma.

Am genauesten wird das Verhältniß der Brechung durchs Prisma bestimmet. Oben ist bemerket, daß wenn die Axe eines Prisma senkrecht auf die Sonnenstrahlen ist, und die Strahlen aufwärts gebrochen werden, das gefärbte Sonnenbild, bey langsamer Umdrehung des Prisma um seine Axe, erst sinken und darauf steigen wird. Zwischen dem Steigen und Sinken, wenn das Bild wie unbeweglich ist, befestige man das Prisma in der Lage, die es alsdenn hat, so werden die Brechungen des Strahles beym Eingange und Ausgange auf beyden Seiten des Prisma gleich seyn. In dieser Lage des Prisma ist der Brechungswinkel bey dem Eingange des Strahles gleich der halben Summe des Erniedrigungswinkels und des brechenden Winkels des Prisma [a]), welchen letztern man messen kann, wenn man zwey Lineale kreuzweise über einander auf einen glatten Tisch leget, das Prisma mit dem brechenden Winkel zwischen ihre über den Tisch hervorragende Theile bringt, und auf dem Tische zwo Linien an den Linealen herzieht, deren Winkel dem brechenden Winkel des Prisma gleich ist.

fig. 50.

Wenn das Prisma ABC in die eben gedachte Lage gebracht ist, so messe man mit einem Quadranten die Höhe O des einfallenden Strahles SD, und die Höhe H des ausfahrenden EG, das ist ihre Winkel mit der horizontalen HO, deren Summe der Winkel GIO ist, unter welchem sich die Verlängerungen beyder Strahlen schneiden. Die Hälfte des Winkels GIO ist EDI, wegen der gleichen Brechungen auf beyden Seiten. Dieses ist der Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahles. Dazu nehme man den Winkel, welchen DE mit der senkrechten auf BA machet, der dem halben brechenden Winkel A gleich ist. So erhält man den Einfallswinkel aus Luft ins Glas gleich der halben Summe der Höhen der beyden Strahlen und des brechenden Winkels. Der Brechungswinkel ist $\frac{1}{2}$ A selbst.

Beyspiel.

Newton giebt folgendes Beyspiel [b]). In einem gläsernen Prisma, dessen brechender Winkel $62\frac{1}{2}$ Gr. betrug, war die Hälfte desselben $31° 15'$, der Brechungswinkel aus Luft in Glas, und dessen Sinus 5188 für den Halbmesser 10000. Wie die Axe des Prisma horizontal gestellet, und das Bild an der Gränze des Rückgehens war, maaß er mit einem Quadranten den Winkel der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit mit dem Horizonte, und zu gleicher Zeit die Höhe der Sonne. Die Summe beyder Winkel war $44° 40'$ als der Winkel des einfallenden und ausfahrenden Strahles. Die Hälfte davon zu dem Brechungswinkel

a) Hr Beguelin bemerket, es sey nicht ganz völlig richtig, daß die halbe Summe des Erniedrigungswinkels und des brechenden Winkels des Prisma, den Brechungswinkel giebt, oder man müsse die Dicke des Prisma nicht in Betrachtung ziehen, wie man es in großen Entfernungen thun dürfe. Mem. de l' Ac. de Prusse. 1762. p. 69. Hr B. redet von einem Bilde, welches man durch das Prisma von einer Sache bekömmt, wovon hier gar nicht die Rede ist. Der folgende Absatz ist im Original unrichtig gefaßt. Ich habe ihn geändert. Den Beweis findet man in dem Zusatze zum 1 Abschnitte dieser Per. K.

b) Newtoni Opuca, L. I. P. 1. prop. 7. p. 66.

winkel, 31° 15′ addiret, giebt den Einfallswinkel 53° 35′, deſſen Sinus 8047 iſt. Daraus wird das Brechungsverhältniß in runden Zahlen 31 zu 20.

Die Vortrefflichkeit dieſer Methode, das Verhältniß der Brechung zu finden, erhellet daraus: daß ſie keine Werkzeuge weiter erfodert, als einen Quadranten und ein Prisma; daß wegen der gedoppelten Brechung ein Fehler in der Beobachtung nur halb ſo groß wird, als er bey einer einfachen Brechung ſeyn würde; daß man das Prisma leicht in die verlangte Stellung bringen kann, und daß eine geringe Abweichung von derſelben die Stelle des Bildes oder die Summe der beyden Brechungen nicht merklich verändert, wie es ſowohl die Probe zeiget, und auch weil dieſe Summe alsdenn ein Kleinſtes iſt c). Vortrefflichkeit dieſer Methode.

Machet man ein prismatiſches Gefäß von Holz mit zwey einander gegen über ſtehenden Löchern in den Seiten des brechenden Winkels, um das Licht dadurch gehen zu laſſen, und verſchließt dieſe Löcher von außen mit Stücken Spiegelglas; ſetzet man dabey noch dieſe Seiten rechtwinklicht auf einander, weil man dieſe Lage am leichteſten durch ein Winkelmaaß prüfen kann; ſo hat man ein Werkzeug, die brechende Kraft des Waſſers und anderer flüßiger Materien zu finden. Denn der in dieſes Prisma einfallende Strahl machet mit dem ausfahrenden eben den Winkel, den ſie gemachet hätten, wenn das Waſſer die Luft unmittelbar berühret hätte. Newton fand durch dieſes genaue Verfahren das Verhältniß der brechenden rothen Strahlen aus Luft in Waſſer wie 4 zu 3 d) Auf dieſe Weiſe beſtimmete auch Hauksbee die brechende Kraft der Luft, wie oben erzählet iſt. Wie man die Brechungsverhältniſſe der flüßigen Körper durchs Prisma findet.

Die erſte genaue Tafel der Brechungen in der Atmoſphäre für jeden Grad der Höhe ward von Newton berechnet, und von Dr. Halley herausgegeben. Man findet ſie in den Phil. Transf. abr. vol. 6. p. 160. Die Horizontalrefraction wird darinne zu 33′ 45″, die für 1 Gr. Höhe zu 23′ 7″, die für 75 Gr. Höhe, damit die Tafel ſich endiget, zu 15″ angeſetzt. In den de la Hiriſchen iſt die erſte zu 32′ 20″, die zwote zu 27′ 56″, und die dritte zu 16″ angegeben e). Aſtronomiſche Refraction.

Drittes Kapitel.

Newtons Erfindungen, die Teleſkope betreffend.

Vor Newton dachte kein Optiker, daß die Objectivgläſer der Fernröhre noch andern Abweichungen, außer denen, die von ihrer ſphäriſchen Geſtalt herrühren, unterworfen wären, und ſie richteten alſo alle ihre Bemühungen dahin, ihnen eine andere Krümmung zu geben. Allein ſobald Newton die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen entdecket hatte, entdeckete er auch in ihr eine neue Quelle ſehr beträchtlicher Abweichungen an den Fernröhren.

c) Smith's Opticks, Remarks, p. 67. (d. d. A. S. 435. S. auch den Zuſatz zum 1 Abſchnitte.)

d) Smith's Opticks, Remarks, p. 68.

e) Saverien, Dictionaire, vol. 1. p. 372.

Erklärung der Abweichung wegen der verſchiedenen Brechbarkeit.

Denn da nun die Strahlenkegel jeder Gattung von Licht ihre beſondern Vereinigungspunkte, einige näher, einige weiter von dem Linſenglaſe haben, ſo können die von einem Punkte auffallenden Strahlen nicht in einem einzigen Punkte vereiniget werden, ſondern ſie werden nur um einen Punkt, zwiſchen den Vereinigungspunkten der am meiſten und am wenigſten brechbaren Strahlen, am nächſten zuſammen kommen, ſo daß der Vereinigungsort ein kreisrunder Raum von beträchtlicher Weite ſeyn wird. Denn es ſey für die am meiſten brechbaren Strahlen unter denjenigen, die auf die Linſe fallen, F der Vereinigungspunkt, und f ſey es für die am wenigſten brechbaren: ſo erhellet aus der Figur gleich, daß der kleinſte Raum, in welchem das Licht vereiniget werden kann, ein Kreis mit dem Durchmeſſer Ii beſchrieben iſt, einer durch G, in der Mitte zwiſchen F und f gehenden Linie. Newton bemerket, daß dieſer Raum für Parallelſtrahlen ungefähr den 55ſten Theil ſo breit iſt, als die Oeffnung des Vorderglaſes in dem Fernrohre, und daß die Vereinigungspunkte der am meiſten und am wenigſten brechbaren Strahlen um $\frac{1}{27\frac{1}{2}}$ der Brennweite der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit aus einander liegen [a]). Wenn aber die Strahlen von einem leuchtenden Punkte in der Are eines erhabenen Glaſes ausfahren, und in Punkten nicht zu weit hinter der Linſe vereiniget werden, ſo, ſaget er, wird der Vereinigungspunkt der am meiſten brechbaren Strahlen näher bey der Linſe liegen, als der für die am wenigſten brechbaren, um einen Raum, der ſich zu dem 27ſten Theile der Vereinigungsweite der mittelartigen Strahlen ſehr nahe verhält, wie die Entfernung zwiſchen ihrem Vereinigungspunkte und dem leuchtenden Punkte, zu der Entfernung dieſes leztern von der Linſe. Er verſicherte ſich auch von der Richtigkeit ſeiner Schlüſſe durch genaue Meſſungen der Vereinigungsweiten verſchiedener Gattungen von Strahlen, die er jede beſonders auf ein gedrucktes Buch fallen ließ, und dabey die Entfernungen beobachtete, in welcher die Schrift deutlich erſchien.

§. 63.

Vergleichung beyder Arten von Abweichung.

Aus allen dieſen Unterſuchungen ſchloß er, daß, wenn alle Strahlen gleich brechbar wären, die Abweichung in Teleſkopen, wegen der Kugelgeſtalt der Gläſer, viele hundertmal geringer ſeyn würde, als ſie nun iſt. Denn die Abweichung wegen der Geſtalt verhält ſich zu der wegen der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen wie 1 zu 5449 [b]); und überhaupt, ſaget er, iſt es ein Wunder, daß die Fern-

a) Newtoni Opt. L. I. P. 1. prop. 7. p. 69.

b) In der latein. Ueberſetzung der Newton. Optik, p. 79, und in der erſten Originalausgabe, heißt es, wie 1 zu 8151. Newtons Formel daſelbſt iſt unrichtig. Die Berechnung des Verhältniſſes beyder Abweichungen findet man in Hrn Käſtners Lehrbegriffe der Optik. S. 134. ff. Man muß bemerken, daß das angegebene Verhältniß nicht allgemein iſt, ſondern bloß auf einen einzelnen Fall paſſet, nämlich für ein Planconvexglas, deſſen ebene Seite nach dem Gegenſtande zuliegt, und eine Oeffnung von 4 Zoll hat. Hr Käſtner findet das Verhältniß 1 : 5520, weil er die Abweichung der Geſtalt für die rothen Strahlen berechnet. Nimmt man die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit, deren Brechungsverhältniß 31 : 20 iſt, ſo kommt das im Texte angegebene heraus. K.

Fernröhre die Gegenſtände noch ſo deutlich darſtellen, wie ſie es wirklich thun. Die Gründe, welche er angiebt, warum die Undeutlichkeit des Sehens nicht ſo ſehr merklich iſt, ſind werth angeführet zu werden. Die zerſtreueten Strahlen, ſaget er c), ſind nicht nicht über jenen kreisrunden Raum gleichförmig verbreitet, ſondern in dem Mittelpunkte unendlich viel dichter beyſammen, als irgendwo ſonſt in dem Kreiſe; ſie werden vom Mittelpunkte nach dem Umfange hin immer dünner, und ſind im Umfange ſelbſt unendlich dünner; daher ſind dieſe zerſtreueten Strahlen nicht häufig genug, um empfunden zu werden, als nur in dem Mittelpunkte und nahe bey demſelben. Urſachen, welche die Abweichung wegen der Brechbarkeit ſchwächen.

Ferner bemerket er, daß unter den priſmatiſchen Farben orange und gelb die lebhafteſten ſind. Dieſe rühren das Auge ſtärker als alle übrigen zuſammen. Am nächſten kommen ihnen an Stärke roth und grün. Blau iſt in Vergleichung mit jenen eine matte dunkle Farbe; und indigo und violet ſind noch dunkler und matter, ſo daß ſie in Vergleichung mit den lebhaftern Farben nur wenig in Betracht kommen. Die Bilder der Gegenſtände muß man alſo nicht in den Vereinigungspunkt der mittlerartigen Strahlen, das iſt, in die Gränze zwiſchen grün und blau ſetzen, ſondern in den Vereinigungspunkt derer Strahlen, die zwiſchen die orangenfärbigen und gelben fallen, und zwar derer von der helleſten Gattung, das iſt ſolcher gelber, die ſich mehr zum Orange als zum Grün neigen. Das Brechungsverhältniß dieſer Strahlen im Glaſe iſt 17 zu 11, und iſt dasjenige, welches zum optiſchen Gebrauche, die Brechung des Glaſes zu meſſen, dienen muß.

Wenn alſo das Bild eines Gegenſtandes in den Vereinigungspunkt dieſer Strahlen geſetzet wird, ſo werden die gelben und orangefärbigen alle in einem Kreiſe zuſammenkommen, deſſen Durchmeſſer etwa der 250ſte Theil des Durchmeſſers der Oeffnung des Objectivglaſes iſt d), und das Licht aller andern Farben, welche außerhalb dieſes Kreiſes fallen, wird ſo ſchwach gegen jenes ſeyn, daß es den Augen kaum empfindlich iſt. Folglich kann man annehmen, daß das Bild eines leuchtenden Punktes, in ſo weit es den Augen empfindlich iſt, ſchwerlich größer als ein Kreis ſey, deſſen Durchmeſſer der 250ſte Theil der Oeffnung des Objectivglaſes in einem guten Fernrohre iſt; ſo daß es, wenn die Oeffnung 4 Zoll und die Brennweite 100 Fuß iſt, nicht über 2″45‴ e) oder 3″ groß iſt; und in einem Fernrohre, mit einer Oeffnung von 2 Zoll, das 20 bis 30 Fuß lang iſt, mag es ſich auf 5 bis 6 Secunden belaufen. Dieſes ſtimmet auch, wie er bemerket, mit den Erſcheinungen der Fixſterne durch ſolche Fernröhre wohl überein.

c) Newtoni Opt. p. 80.

d) Nämlich für ein Planconvexglas, das auf der ebenen Seite Parallelſtrahlen bekömmt. Fallen dieſe auf ein beyderſeits erhabenes Glas, ſo wird der Zerſtreuungskreis wegen der verſchiedenen Brechbarkeit der 261ſte Theil der Oeffnung des Glaſes dem Durchmeſſer nach. K.

e) Dieſes iſt der Winkel, welchen der Durchmeſſer des Zerſtreuungskreiſes am Glaſe machet. Man kann ihn alſo wie das Bild eines Gegenſtandes, der unter dieſem Winkel geſehen wird, betrachten. K.

Die Abweichung wegen der Geſtalt des Glaſes iſt bey weitem die kleinſte.

Bey dem allen berechnet er doch, daß in einem Fernrohre von 100 Fuß, mit einer Oeffnung von 4 Zoll, die größte von der Geſtalt des Glaſes herrührende Abweichung zu der Abweichung wegen der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen ſich nur wie 1 zu 1200 verhalte *f*); woraus aber hinlänglich erhellet, daß es nicht die ſphäriſche Figur der Gläſer, ſondern die verſchiedene Brechbarkeit des Lichtes iſt, was der Vollkommenheit der Fernröhre im Wege ſteht.

Die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen, das vornehmſte Hinderniß bey dioptriſchen Fernröhren.

Er führet noch einen andern Beweis hiefür an. Die Durchmeſſer der Zerſtreuungskreiſe der Strahlen wegen der Geſtalt des Glaſes verhalten ſich wie die Würfel der Oeffnungen an den Objectivgläſern, und deswegen müßten, wenn zwey Fernröhre von ungleicher Länge mit gleicher Deutlichkeit die Sachen darſtellen ſollen, die Oeffnungen der Objectivgläſer, und ihre vergrößernden Kräfte ſich wie die Würfel der Quadratwurzeln der Längen der Fernröhre verhalten *g*). Das ſtimmet aber mit der Erfahrung nicht überein. Allein die Zerſtreuungen der Strahlen wegen der verſchiedenen Brechbarkeit verhalten ſich wie die Oeffnungen der Objectivgläſer, und darum müſſen, um gleiche Deutlichkeit durch Fernröhre von ungleicher Länge zu erhalten, die Oeffnungen und vergrößernden Kräfte ſich wie die Quadratwurzeln aus den Längen verhalten. Dieſes ſtimmet bekanntermaßen mit der Erfahrung überein. Z. E. ein Fernrohr, 64 Fuß lang, mit einer Oeffnung $2\frac{2}{3}$ Zoll weit, ſtellet eine Sache 120mal vergrößert und doch eben ſo deutlich vor, wie ein Fernrohr von 1 Fuß mit einer Oeffnung von $\frac{1}{3}$ Zoll, das ſie nur 15mal vergrößert.

Stünde die verſchiedene Brechbarkeit nicht im Wege, ſo ließen ſich die Fernröhre dadurch noch ſehr verbeſſern, daß man die Objective aus zwey Gläſern mit Waſſer dazwiſchen zuſammenſetzete. Denn ſo würden die Abweichungen an den hohlen Flächen der Gläſer durch die an den erhabenen mehrentheils aufgehoben werden, in ſo ferne ſie von der Geſtalt des Glaſes herrühren. Aber die verſchiedene Brechbarkeit machet auch dieſes Mittel unnütz; und deswegen, ſaget er, bleibt nur das einzige noch etwa übrig, ihre Länge zu vergrößern. Darum rühmet er Hugens Vorrichtung, Objectivgläſer von großer Brennweite ohne Röhre zu gebrauchen *h*).

Newtons Spiegelteleſkop.

Da er alſo alle Hoffnung aufgab, die dioptriſchen Fernröhre zu einem großen Grade der Vollkommenheit zu bringen, ſo wandte er ſeine Aufmerkſamkeit auf die Spiegelteleſkope. Da er aus Gregorys und anderer Erfahrung wußte, wie unendlich ſchwer es wäre, Spiegeln die Figur eines Kegelſchnittes zu geben, ſo blieb er bey der ſo viel leichtern ſphäriſchen Figur, und verfertigte auch wirklich ein Teleſkop mit einem metallenen Spiegel, das 30 bis 40mal vergrößerte. Weil er aber die geſuchte Deutlichkeit daran nicht erhielt, da er ſeinem metallenen Spiegel nicht die gehörige Politur geben konnte, ſo empfiehlt er dafür Gläſer, die auf einer Seite hohl,

f) In den erſten Ausgaben 1 zu 1826. Das angegebene Verhältniß kömmt heraus, wenn man die äußerſten Brechungsverhältniße $77\frac{1}{2}$: 50, und $77\frac{1}{4}$: 50, und bey der Berechnung der Abweichung wegen der Geſtalt das mittlere Verhältniß 17: 11 brauchet. K.

g) Hr Euler berechnet dies in ſeiner Dioptr. T. II. §. 193. anders. K.)

h) Newt. Opt. L. c. p. 85.

hohl, auf der andern erhaben, an allen Stellen gleich dicke, und auf der erhabenen Seite mit Queckſilber beleget ſind. Ein ſolches Glas, wie a b c d, ſollte hinten in einer inwendig ganz ſchwarz gemachten Röhre v x y z befeſtiget werden. In eben dieſer Röhre nach vorne hin in der Mitte iſt ein gläſernes oder kryſtallenes i) Prisma e f g befindlich, an deſſen Grundfläche die von dem Spiegel zurückgeworfenen Strahlen wieder zurückprellen, und nach t hin zuſammen laufen, wo der gemeinſchaftliche Brennpunkt des Spiegels und eines Planconverglaſes iſt, das zum Augenglaſe dienet. Er räth auch an, die Strahlen, wenn ſie aus dem Augenglaſe kommen, durch ein kleines rundes Loch in einer metallenen Platte fahren zu laſſen, das nur eben ſo groß als nöthig iſt, um genugſames Licht durchzulaſſen. Dieſes Loch dienet die Strahlen, welche von dem Rande des Spiegels herkommen, aufzufangen, und das Bild dadurch deutlicher zu machen. Ein ſolches Inſtrument, ſechs Fuß lang, nämlich vom Spiegel bis zum Prisma, und von da bis zum Brennpunkte t kann, wenn es gut gemachet iſt, eine Oeffnung von 6 Zoll am Spiegel vertragen, und vergrößert zwey- bis dreyhundertmal. Es wird gut ſeyn, ſaget er, den Spiegel wenigſtens einen oder zween Zoll breiter als ſeine Oeffnung zu machen, und das Glas ſo dicke zu nehmen, daß es ſich bey der Bearbeitung nicht biege. Das Prisma ſoll auch nicht dicker ſeyn, als nöthig iſt, und die Grundfläche nicht foliirt werden, weil es ſich ſo ſtellen läßt, daß alle Strahlen von der Grundfläche zurückgeworfen werden, ohne daß dazu Queckſilber nöthig iſt. fig. 64.

Dieſes Teleſkop, ſaget er, ſtellet den Gegenſtand umgekehret vor; allein man kann das Bild aufrecht machen, wenn die Seitenflächen des Prisma nicht eben, ſondern kugelförmig erhaben ſind, daß die Strahlen ſich ſowohl, ehe ſie aufs Prisma fallen, als nachher zwiſchen demſelben und dem Augenglaſe kreuzen. Soll ferner dieſes Werkzeug eine größere Oeffnung vertragen können, ſo muß man, wie er es angiebt, den Spiegel aus zwey Gläſern mit Waſſer dazwiſchen zuſammenſetzen k).

Unſer Verfaſſer beſchließt die Beſchreibung ſeines Teleſkops mit folgenden allgemeinen Bemerkungen. Könnte auch die Theorie der Teleſkope zur Vollkommenheit gebracht, und in der Ausübung genau befolget werden, ſo wird doch der Gebrauch derſelben, ſeine natürlichen Gränzen haben. Denn die Luft, durch welche wir die Sterne Gränzen der Teleſkope überhaupt.

i) Newton ſcheint nicht daran gedacht zu haben, daß alle Arten von Kryſtall eine doppelte Brechung verurſachen, und daß alſo Kryſtall hier untauglich iſt.

k) Die Erfahrung der beſten Künſtler hat gelehret, daß es leicht iſt, den metallenen Spiegeln der Teleſkope eine den Kegelſchnitten ſo nahe kommende Geſtalt zu geben, daß man ſie dadurch weit vollkommener verfertigen kann, als es nach der Art, die Newton angiebt, möglich wäre. Glas würde viele Abweichungen verurſachen, die noch größer ſind, als die, ſo von der ſphäriſchen Geſtalt herrühren; beſonders die ſehr beträchtliche, daß das Glas ſich durch ſein eigen Gewicht biegt, wozu noch diejenigen kommen, welche von den Ungleichheiten in dem innern Gewebe deſſelben entſtehen müſſen, dadurch die Brechung ſehr unordentlich gemachet werden muß. Außerdem zeigen verſchiedene vom Short angeſtellete Verſuche, daß ein Teleſkop mit einem gläſernen Spiegel gar nicht mit einem Teleſkop, das einen metallenen hat, zu vergleichen iſt. Jener wirft weit weniger Licht zurück als dieſer.

Sterne sehen, ist in einer beständigen zitternden Bewegung, wie man dieses an den Schatten hoher Thürme, und an dem Blinkern der Fixsterne sieht. Diese blinkern nicht, wenn man sie durch Fernröhre mit breiten Oeffnungen betrachtet. Denn die Lichtstrahlen, welche durch verschiedene Stellen der Oeffnung gehen, zittern jede besonders, und fallen daher zu gleicher Zeit auf verschiedene Punkte auf dem Boden des Auges; aber ihre Zitterungen sind zu geschwind und mit einander vermischet, als daß man sie von einander unterscheiden könnte; daß also diese erleuchteten Punkte einen breiten hellen Punkt ausmachen, und der Stern größer erscheint, als er wirklich ist, ohne zu blinkern. Lange Teleskope können wohl die Gegenstände größer und heller machen, als es kürzere zu thun vermögen, aber sie werden doch nie von der Undeutlichkeit, die von dem Zittern der Atmosphäre herrühret, ganz frey gemachet werden können. Hier kann nichts helfen als eine reine heitere Luft, wie sie es etwa auf der Spitze der höchsten Berge über den dicken Wolken seyn mag [l]).

Einiges Historisches von Newtons Teleskop.

Ein Teleskop von Newton, daß er an die Königl. Gesellschaft übersandt hatte, ward den 11 Januar 1672 zu Whitehall in Gegenwart des Königes, des Dr. Hooke und vieler andern Personen untersuchet, und erhielt so viel Beyfall, daß man es für gut fand, eine Beschreibung davon, durch den Secretair der Gesellschaft, an Huygens, der sich damals zu Paris aufhielt, zu senden, welche Newton selbst, nebst einer Zeichnung, aufsetzte. Ein Schreiben, das er bey dieser Gelegenheit an den Secretair abließ, findet man in Birchs Geschichte der Gesellschaft, 3 Band S. 2. Um diese Zeit war seine Aufnahme in die Gesellschaft im Werke, darüber er sich in einem Briefe mit folgenden Worten ausdrücket: „Sollte ich aufgenommen werden, so „werde ich suchen meine Dankbarkeit dadurch zu beweisen, daß ich der Gesellschaft „dasjenige mittheile, was meine geringen einsamen Bemühungen zur Beförderung „ihres Endzweckes, der Erforschung der Natur, etwa an die Hand geben mögen.„ So bescheiden war ein Mann, der die Ehre der Gesellschaft, der Nation und der Welt war. Am 18 Januar ward sein Teleskop vor der Königl. Gesellschaft untersuchet und sehr gebilliget [m]).

Cassegrains Teleskop.

Wie Newton sein Teleskop in den philosophischen Transactionen bekannt gemachet hatte, eignete sich Cassegrain, ein Franzose, in dem Journal des Scavans desselben 1672sten Jahres, die Ehre einer ähnlichen Erfindung zu, und behauptete, daß, ehe er etwas von Newton seiner gehöret hätte, ihm eine bessere Einrichtung eingefallen wäre, nämlich einen Converspiegel statt des reflectirenden Prisma zu brauchen. Sein Teleskop hat viel ähnliches mit dem Gregorianischen und der große Spiegel ist ebenfalls durchbohret. Montucla glaubet, daß es bloß theoretisch betrachtet, vor dem Newtonianischen noch einige Vorzüge haben möchte, sowohl weil es kürzer ist, als auch weil der Converspiegel durch die Zerstreuung der Strahlen das Bild, welches der erste Spiegel machet, sehr vergrößern muß. Newton machete gegen

l) Newton's Opticks, London 1718. p. 98. (In den ersten Ausgaben steht diese Stelle nicht.)

m) Birch's History, vol. 3. p. 4.

gegen Caſſegrains Teleſkop Einwendungen, deren einige aber ebenfalls das Gregorianiſche treffen, welches doch, von einem geſchickten Künſtler ausgearbeitet, ſehr gute Dienſte thut n). Dr. Smith hat ſich die Mühe gegeben, über die Vergrößerung, ſowohl des Newtonianiſchen als des Caſſegrainiſchen Teleſkops umſtändliche Rechnungen anzuſtellen, die man in ſeiner Optik, S. 97. der Anmerkungen findet o). Short hat, wie ich höre, verſchiedene Teleſkope nach Caſſegrains Manier gemacht. Nach demjenigen, was Herr Michell vom Short über dieſe Gattung vernommen hat, zu urtheilen, iſt ſein Haupteinwurf gegen dieſelbe geweſen, daß ſie erhabene Sachen, (z. E. Hügel auf dem Monde) wie hohl, und hohle wie erhabene vorſtellete. Auch hielt er ſie übrigens für nicht völlig ſo deutlich wie andere Arten; welches aber Herr Michell der geringern Güte der Ausarbeitung zuſchreibt. Denn es iſt, nach der gewöhnlichen Art faſt unmöglich, ſie ſo vollkommen, wie die Gregorianiſchen Teleſkope zu liefern, und vielleicht geht es überhaupt nicht an, oder wenigſtens gehöret eine beſondere Geſchicklichkeit und Sorgfalt dazu.

Vergleichung des Gregorianiſchen und Caſſegrainiſchen Teleſkops.

In dem Gregorianiſchen Teleſkop, ſaget Herr Michell, muß der große Spiegel vollkommen paraboliſch, und der kleinere elliptiſch ſeyn, ſo daß der eine von deſſelben Brennpunkten in den Brennpunkt des großen Spiegels, und der andere dahin falle, wo ſich die von den kleinern zurückgeworfenen Strahlen vereinigen würden wenn ſie nicht von dem erſten Augenglaſe aufgefangen wären. In dem Caſſegrainiſchen muß der große Spiegel ebenfalls genau paraboliſch, aber der kleinere hyperboliſch ſeyn, und des letztern Brennpunkte müſſen dahin fallen, wo vorher die Brennpunkte des elliptiſchen Spiegels lagen. Beyde dieſe Spiegel, der elliptiſche und der hyperboliſche ſind gar wenig von einem paraboliſchen, der zwiſchen ſie fällt, unterſchieden.

Wenn nun in einem dieſer Teleſkope einer der beyden Spiegel von den vorgeſchriebenen Formen abweichen ſollte, ſo kann man den daher entſtehenden Fehler durch eine ſchickliche Veränderung an der Form des andern Spiegels abhelfen, und dieſes geſchieht in dem Gregorianiſchen Teleſkop, wenn man die Form nach der entgegengeſetzten Seite, und in dem Caſſegrainiſchen, wenn man ſie nach derſelben Seite hin abweichen läßt. Muß dieſe Veränderung an dem kleinen Spiegel vorgenommen werden, um die Fehler des großen zu verbeſſern, ſo muß ſie ſo viel größer ſeyn, als eine Veränderung, die an dem großen Spiegel vorzunehmen wäre, eine eben ſo große Abweichung des kleinen zu verbeſſern, ſo vielmal die Brennweite des großen Spiegels größer iſt als diejenige des kleinern. Nun iſt es aber, wegen der Beſchaffenheit der Materialien, und der Art der Arbeit bey Schleifung aller Arten von Spiegeln, Linſen, u. drgl. unvermeidlich, daß nicht alle concave Flächen von der ſphäriſchen Form nach der paraboliſchen hin abweichen, oder noch wohl gar darüber hinaus fallen ſollten, wie es Herr Michell aus der Erfahrung gefunden: hingegen werden

n) Hiſtoire des Mathem. par Montucla, vol. 2. p. 647.

o) S. 471 d. d. A. Man ſehe auch in Hrn. Eulers Dioptrik, 2 B. den Anhang.

den convexe Flächen sich von der sphärischen Figur zu der Fläche eines länglichten Sphäroids zunächst dessen Polen neigen. Diese Wirkungen werden, wie er behaupten zu können glaubet, mehr oder weniger, ohne Ausnahme eintreten, weil der Rand der Spiegel, der Linsen und dergl. sich ein wenig stärker als das Mittel abschleift.

Folglich liegen die Abweichungen von der sphärischen Form, die aus der Manier die Spiegel auszuarbeiten nothwendigerweise entstehen, in beyden Spiegeln des Gregorianischen Teleskopes nach derjenigen Seite hin, nach welcher sie liegen müssen, um die Fehler dieser Spiegel, wie man sie in der Theorie voraussetzet, zu verbessern: und können, wenn sie groß genug, aber nicht zu groß sind, vielleicht sie vollkommen aufheben. Aber in Cassegrains Teleskop liegen sie an dem kleinen Spiegel nach der unrechten Seite hin, und dienen nur dazu, den Fehler zu verschlimmern, anstatt ihn zu vermindern oder zu heben. Denn da der kleine Spiegel, wie erst gesaget, hyperbolisch seyn, und an seinem Rande eine geringere Krümmung als an dem Scheitel haben, und daselbst außerhalb der Kugel fallen sollte, so wird er vielmehr, wegen des stärkern Abschleifens, an dem Rande krummer als am Scheitel seyn, und innerhalb der Kugel fallen. Es wird äußerst schwer seyn, diese Fehler des kleinen Spiegels durch eine Veränderung an der Form des großen zu verbessern. Dieser mußte zu dem Ende am Rande eine beträchtlich geringere Krümmung als die parabolische haben; und wenn dieselbe bis zur sphärischen oder noch weiter verkleinert werden müßte, so wird es so wenig zu erreichen stehen, als dem kleinen Spiegel gleich anfangs die hyperbolische Gestalt zu geben.

Größere Oeffnungen der Spiegel können bisweilen mehr Deutlichkeit gewähren als kleinere.

Daraus, daß Hohlspiegel gerne von der sphärischen Figur zur paraboliſchen oder hyperbolischen abweichen, schließt Herr Michell, es sey praktisch möglich, reflectirenden Teleskopen mit einer Oeffnung von gewisser Größe (nach Beschaffenheit der jedesmaligen Art die Gläser zu schleifen und zu poliren) eine größere Deutlichkeit zu geben, als sie bey einer kleinern Oeffnung haben. Denn wenn bey einem gewissen Grade der Abschleifung an dem Rande die größere Oeffnung paraboliſch bleibt, so wird die kleinere dadurch hyperbolisch werden. Denn nur, wenn man die Spiegel genau sphärisch annimmt, ist die Deutlichkeit desto größer je kleiner die Oeffnung ist. Der verstorbene Short wußte dieß, saget er, gar wohl aus der Erfahrung, und machete es sich sehr zu Nutzen.

Es ist doch sonderbar, daß ungeachtet Newtons Theorie der Teleskope so viel zu versprechen schien, dennoch dreyßig Jahre in einem mit der Naturforschung so ämsig beschäfftigten Zeitalter verflossen, ehe man einigen Gebrauch davon machete. Denn das erste Teleskop dieser Gattung, von einiger beträchtlichen Länge hat Hadley im Jahre 1718 verfertiget, wovon unten Nachricht erfolgen soll.

Viertes Kapitel.

Von den Einwürfen gegen die Newtonianiſche Lehre vom Lichte.

Newtons optiſche Sätze finden anfangs viel Widerſpruch.

Wenn man bedenket, wie entſcheidend ſelbſt die erſten Beweiſe waren, welche Newton für ſeine Leſer von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen, und der Unveränderlichkeit der Farbe jeder Gattung von einer gewiſſen Brechbarkeit vorbrachte: (obgleich nicht alle von mir erzählten Verſuche gleich anfangs der Welt bekannt gemachet wurden, und Newton auch noch nicht den hohen Ruf, den ihm ſeine Principia nachher erwarben, damals ſchon hatte) ſo iſt es nicht leicht, den heftigen Widerſpruch, den ſeine Theorie fand, und die verdrießlichen Streitigkeiten, welche darüber unter den Naturkündigern entſtanden, zu erklären; beſonders da durch ſeine Entdeckungen die bisherigen Kenntniſſe von dieſer Sache wirklich vermehret, und nicht bloß die alten Hypotheſen umgeſtoßen wurden. In der That, es war, wie ich ſchon oben bemerket habe, damals gar keine Hypotheſe, die man die herrſchende hätte nennen können, oder die unter den Naturkündigern einiges Anſehen gehabt hätte. Außerdem waren die Gegner Newtons keine Leute, die etwa ſelbſt Hypotheſen vorgebracht hatten, denen ſie hätten ergeben ſeyn können. Aber ſo iſt der Menſch beſchaffen, daß ſobald jemand ſich beſonders hervorthut, andere darüber eiferſüchtig werden, daß die Höhe des Anſehens, nach welcher ſie ſelbſt bey der Welt trachteten, von andern beſetzet, und ihnen nun ein Zugang mehr zum Vorzuge und Ruhme abgeſchnitten worden. Weil ſie alſo durch eigene Meynungen und Entdeckungen ſich berühmt zu machen nicht im Stande ſind, ſo hoffen ſie durch Beſtreitung der von andern vorgebrachten ſich einen Namen zu erwerben. Newton ward durch die Streitigkeiten, in welche er ſich anfangs mit einiger Hitze einließ, ſo verdrießlich gemachet, daß er aus Furcht, noch weiter hineingezogen zu werden, ſich nicht wollte überreden laſſen, ſeine Optik, die er der Welt verſprochen hatte, herauszugeben, bis er endlich im Jahre 1704 ſich dazu entſchloß, aber ſie, wider ſeine Gewohnheit bloß engliſch, (in einer damals auswärts wenig bekannten Sprache) ſchrieb, und ſehr angelegentlich bat, daß niemand ohne ſeine Erlaubniß ſie überſetzen möchte. Doch waren ſeine vornehmſten Entdeckungen von Licht und Farben der Königl. Geſellſchaft ſchon 1675 mitgetheilet, und in den phyſikaliſchen Transactionen bekannt gemachet worden. Dieſe und andere Fälle, da er unerwarteter und unverdienter Weiſe Widerſpruch fand, macheten ihn gegen das Ende ſeines Lebens zurückhaltender und ungeneigter, ſeine Entdeckungen bekannt zu machen.

Hooke, ein heftiger Gegner Newtons.

Der ämſigſte Naturforſcher zu der Zeit, da Newton zuerſt mit ſeinen neuen Verſuchen auftrat, war Dr. Hooke. Er konnte in keiner Sache, worinne er ſelbſt etwas gethan haben wollte, einen Nebenbuhler vertragen; und unglücklicher Weiſe, war die Lehre von Licht und Farben eine ſeiner Lieblingsmaterien geweſen, die ihm auch in manchen Stücken, wie wir geſehen haben, etwas zu danken hat. Kein Wunder alſo, daß der aufblühende Ruhm eines neuen Naturforſchers ihn unruhig machte. Er beſtritt alſo ſogleich und mit Heftigkeit die neuen Gedanken Newtons, und behauptete hartnäckig eine vom Descartes entlehnte und veränderte Hypotheſe, nach

welcher die Farben nur in den Schwingungen eines ätheriſchen Mittels beſtehen ſollten. Dabey beſchuldigte er Newton in einigen Stücken eines an ihm begangenen gelehrten Diebſtahles, worauf aber Newton beſcheiden damit antwortete, daß er Dr. Hooke und ſeine Meynung aus einander ſetzete, auch erkannte, daß er einige von deſſelben Beobachtungen genutzet hätte, insbeſondere die von der Beugung der Lichtſtrahlen, darüber er ihn auch angeführet hätte, ferner die Bemerkung, daß die Undurchſichtigkeit von den Zwiſchenräumchen der Körper herkäme, und den Verſuch mit den dünnen Scheibchen, welche Farben ſpielen, für deſſen Bekanntmachung er ihm verbunden wäre. „Aber was dieſe Farben betrifft, ſaget er, ſo überließ er mir, „zur Erklärung ihrer Entſtehungsart die nöthigen Verſuche zu erdenken und auszu„führen, um eine Hypotheſe darauf zu gründen. Er gab mir weiter keine Nach„weiſung, als daß die Farbe auf die Dicke der Scheibe ankomme, geſteht aber ſelbſt „in ſeiner Mikrographie, daß er, wie groß dieſe Dicke für jegliche Farbe ſey, verge„bens zu erforſchen geſuchet habe. Da ich dieſes alſo ſelbſt meſſen mußte, ſo denke „ich, wird er mir vergönnen, was ich durch meine Mühe gefunden habe, als mein „Eigenthum zu nützen. Dieſes wird mich demnach hoffentlich gegen die Beſchuldi„gungen des Dr. Hooke rechtfertigen [a]).„

Andere Gegner. Unter den Ausländern, die Newtons Lehre von Licht und Farben angriffen, war Pater **Pardies** der erſte, der aber ſeines Verſehens bald überführet ward, und auch ſo aufrichtig war, es einzugeſtehen. Keiner aber machete ſo viel Aufſehen, als der ſonſt ſcharfſinnige **Mariotte** [b]), welchem die Verſuche mit den Farben nicht glücken wollten. **Leibnitz**, unter deſſen Arbeit die Acta Eruditorum damals berühmt wurden, wünſchete in dem Bande des Jahres 1713, daß Newton die Schwierigkeiten, welche Mariotte gefunden, andern zum beſten, weil er ſelbſt damals ſchon todt war, zu heben ſich die Mühe geben möchte. Deswegen erſuchete Newton den Dr. **Desaguliers**, die Mariotten mißglückten Verſuche vorzunehmen, welches derſelbe auch mit dem beſten Erfolge, in Gegenwart vieler Mitglieder der Königl. Geſellſchaft, und hernach in Beyſeyn **Monmorts** und einiger anderer Mitglieder der Königl. Akademie der Wiſſenſchaften ausrichtete [c]).

Desaguliers wiederholet Newtons Verſuche.

Rizetti ein Gegner Newtons. Einige Zeit nachher ſtand ein Italiener, Namens **Rizetti**, gegen Newton auf, der ſeine Theorie durch Verſuche widerlegen wollte. Dieſe fand aber an Richtern [d]) einen geſchickten Vertheidiger. Dennoch verurſachete dieſe Streitigkeit, daß Desaguliers im Jahre 1728 ſeine Verſuche wiederholete, und noch einige neue zur Beſtätigung zuſetzete. Nach dieſer Zeit hat niemand, der ſich genannt hätte, oder deſſen Namen anzuführen es ſich verlohnete, ſich zum Gegner aufgeworfen; daß

a) Birch's hiſtory, vol. 3. p. 279.

b) Von Mariotte wird ſelbſt in der franzöſiſchen Encyklopädie geurtheilet, daß er in Verſuchen gar nicht glücklich geweſen. Seine hydrauliſchen und noch mehr ſeine optiſchen unrichtig ſind. Götting. Anzeigen 1774 St. 88.

c) Philoſ. tranſ. abr. vol. 4. p. 173.

d) Georg Friedrich Richter, Prof. Moralium zu Leipzig (ein Bruder des Göttingiſchen Prof. primar. der Medicin) der 1742 geſtorben. Seine hieher gehörigen Schriften ſtehen in den ſupplem. ad Acta Erud. T. VIII. und in dem Jahrgange von 1724. Jöchers Gel. Lex.

daß alſo gegenwärtig in der Phyſik keine Lehre auf ſo ſicherm Grunde ſteht, oder ſo allgemein angenommen wird, als die von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen e).

Da einige von Desaguliers Bemerkungen und Verſuchen, die er bey dieſer letzten Gelegenheit machete, dieſe Materie aufzuklären dienen, ſo will ich dieſen Abſchnitt mit Anführung einiger weniger derſelben beſchließen. Man bringe, ſaget er, zwey gleiche Prismen mit ihren Grundflächen ſo nahe an einander, daß ihre Anziehungsräume zum Theil in einander fallen; ſo werden ſie in dem gemeinſchaftlichen Raume keine Wirkung auf den Strahl äußern, ſondern dieſer wird aus dem zweyten Prisma mit ſeiner Richtung, die er beym Eingange in das erſte hatte, parallel ausfahren. Der Strahl falle z. E. ſenkrecht auf das erſte Prisma; er werde beym Ausfahren in dem verminderten Anziehungsraume durch die anziehende Kraft der Grundfläche ein wenig gekrümmet, und gehe in dem gemeinſchaftlichen Theile der Anziehungsräume nach der geraden Linie fort; ſo wird er in dem übrigen Anziehungsraume des zweyten Prisma wiederum nach derſelben krummen Linie, wie vorhin, nur auf eine entgegengeſetzte Art, gebogen, und bekömmt in dem zweyten Prisma eine Richtung, welche derjenigen, die er in dem erſten hatte, parallel iſt, und nach welcher er auch ausfährt, weil er, wie in jenem, ſenkrecht auf die Seitenfläche trifft. Werden demnach zwey Prismen einander ſo nahe gebracht, daß ſie ſich berühren, und die gegenſeitige Anziehungen ſich aufheben, ſo werden die Strahlen, ohne gebogen zu werden, durch beyde Prismen, die nun wie ein Parallelepipedon anzuſehen ſind, in derſelben Richtung, wie ſie in das erſte kommen, durchgehen, und keine Farben hervorbringen, welche nach Rizettis Behauptung entſtehen ſollten. Iſt der einfallende Strahl gegen das erſte Prisma geneiget, ſo werden die Farben, welche durch die Brechung in demſelben verurſachet werden, durch die entgegengeſetzte Brechung beym Ausfahren wieder vereiniget f).

Verſuche zur Beſtätigung der Newtoniani-ſchen Theorie.

Iſt der Strahl in dem erſten Prisma gegen die Grundfläche unter einem Winkel von etwa 45 Graden geneiget, ſo wird er, wenn das andere Prisma nicht hart daran liegt, wieder in die Höhe zurückgeworfen, wobey er wegen der anziehenden Kraft des Glaſes eine krumme Linie, die gegen die Grundfläche hohl iſt, beſchreibt.

e) Montucla, hiſt. des Math. vol. 2. p. 621.

f) Wenn die Seitenflächen zweyer gleicher Prismen zwey und zwey mit einander parallel laufen, ſo iſt die Richtung der ausfahrenden Strahlen der Richtung der einfallenden immer parallel, die parallelen Grundflächen mögen noch ſo weit von einander liegen. Denn jeder Strahl hat zwiſchen den Prismen gegen dieſe beyden Grundflächen einerley Lage; die Theile deſſelben innerhalb der Prismen ſind daher einander parallel, und folglich der einfallende ins erſte Prisma dem ausfahrenden aus dem zweyten Prisma auch parallel. Sind nun die Prismen nahe an einander geſtellet, ſo fahren die ungleichartigen Strahlen nicht allein parallel, ſondern auch ſehr nahe an einander aus dem zweyten Prisma heraus, und verurſachen alſo keine Farben. Sind die Prismen aber weit aus einander, ſo fahren die ungleichartigen Strahlen zwar parallel, aber von einander getrennt, heraus, und müſſen Farben hervorbringen, wie es auch Newton nach dem 1 Abſchn. dieſer Per. beobachtet hat. Hier braucht man alſo die Attraction gar nicht. K.

Sobald aber das andere Prisma hart an das erſte gebracht wird, ſo wird die anziehende Kraft durch eine entgegenſetzte aufgehoben, und der Strahl geht an der Berührungsſtelle durch das untere Prisma hindurch.

Nämlich die brechbarſten Strahlen beſtehen aus kleinern Theilchen, als die weniger brechbaren, und haben alſo ein geringeres Moment, wenn man die Geſchwindigkeit beyderſeits gleichſetzet. Folglich werden jene durch die Anziehung und
fig. 65. Zurückſtoßung leichter von ihrem Wege abgelenket als dieſe. Es ſey ACB das obere Prisma, und der Anziehungsraum der Grundfläche AB gehe bis *mm*; DGE ſey das untere Prisma, und der Anziehungsraum der Grundfläche DE gehe bis *nn*, daß alſo in dem Raume *mmnn* die anziehenden Kräfte beyder Grundflächen ſich aufheben. Wenn nun ein violetner Strahl Ra, der ſich nach der Richtung Rr beweget, unter der Grundfläche AB nach der Linie *abc* ſo gebogen wird, daß ehe er die Linie *nn* erreichet, die Tangente *cc* in *c* mit AB parallel wird, ſo wird er nach der krummen Linie *def*, die der *abc* gleich und ähnlich iſt, wieder in die Höhe gebogen, und ſolchergeſtalt nach *ft* zurückgeworfen. Ein rother Strahl aber, deſſen Moment größer iſt, wird durch dieſelbe anziehende Kraft nicht ſo ſtark gebogen, und geht durch, ſobald er in den Raum *nnmm* kömmt. Dieſes beſtätiget die Erfahrung. Denn wenn das untere Prisma nicht hart genug an das obere
fig. 66. gedruckt wird, ſo machen die Strahlen, die nach *r* herunter fahren, einen mehrentheils rothen und orangenfärbigen Flecken. Sobald man aber die Prismen ſtärker an einander preſſet, ſo wird der Flecken größer, und in der Mitte völlig weiß, weil alsdenn alle Arten von Strahlen herunter kommen; er hat aber einen röthlichen Rand, der von den Theilen des Prisma verurſachet wird, die ſich zwar ſehr nahe ſind, aber ſich nicht berühren, oder doch nicht ſo dichte an einander liegen, daß ſie die grünen blauen und violetnen Strahlen herunter bringen könnten. Dieſes zeiget, daß die Zurückſtrahlung nicht von den innern dichten Theilchen des Glaſes, noch von den Theilchen der Oberfläche herrühret, wie Rizetti behauptete. Allein dieſes wird durch folgenden Verſuch noch klärer.

Von dem Lichte K ward durch die Zurückſtrahlung an der Grundfläche AB des Prisma ABC ein helles Bild in *k* von dem Auge in E geſehen. Wie ein Gefäß mit Waſſer VVSS in die Höhe gehoben ward, daß die Grundfläche des Prisma das Waſſer berührete, ward das Bild des Lichtes faſt ganz unkenntlich, weil das Auge alle die Strahlen, die nun von dem Waſſer angezogen wurden nicht bekam. Zum fernern Beweiſe, daß die Zurückſtrahlung unter der Oberfläche, und nicht in derſelben geſchieht, dienet dieſes, daß wenn das Prisma von dem Waſſer weggenommen ward, und an der Grundfläche naß war, oder ein Häutchen Waſſer unter derſelben hatte, das Bild des Lichtes wieder lebhaft wurde, weil die Strahlen unterhalb des Häutchen wieder in die Höhe gebogen wurden. Zwar war in dieſem Falle das Bild, ob es gleich helle war, doch nicht deutlich begränzet; allein dies rührete von der Ungleichheit der Oberfläche des Waſſerhäutchens her g).

g) Philoſ. tranſ. abr. vol. 6. p. 136.

Ende des Erſten Theiles.

Fig. 1.

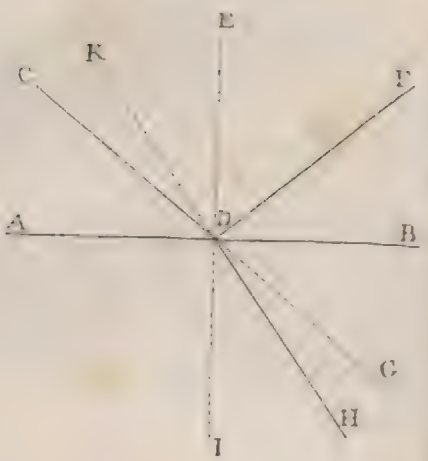


Fig. 2.

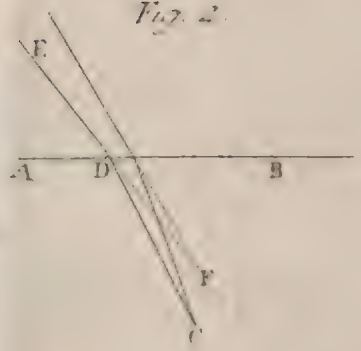


Fig. 3.

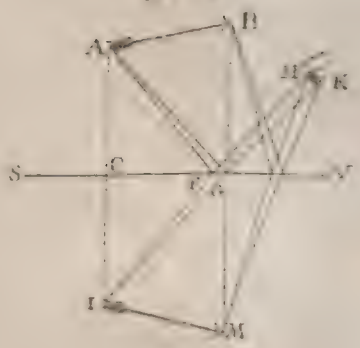


Fig. 4.

Fig. 5.

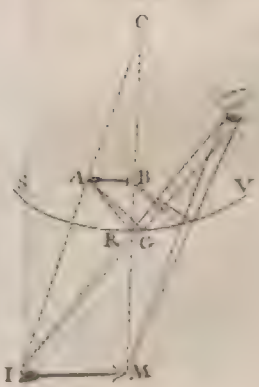
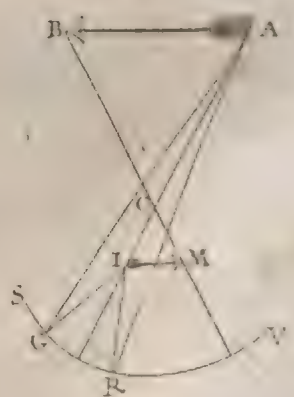


Fig. 6.



Digitized by Google

Fig. 7.

Fig. 8.

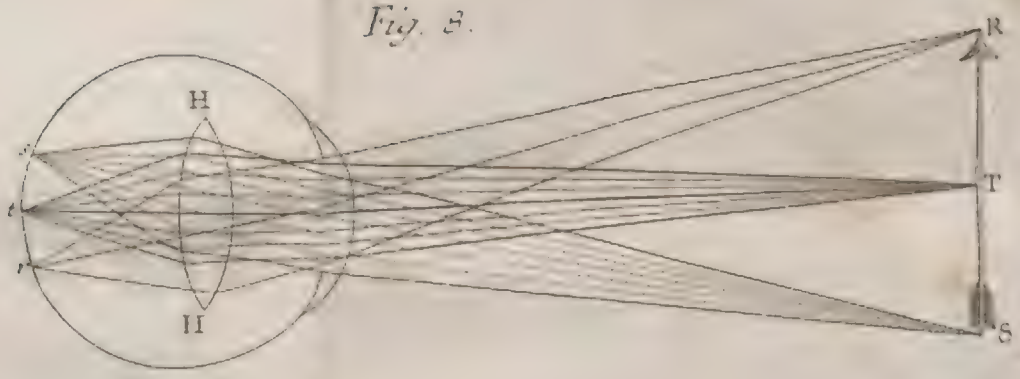
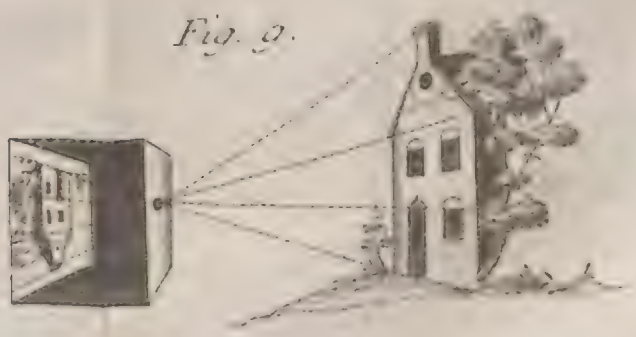


Fig. 9.



Digitized by Google

Fig. 10.

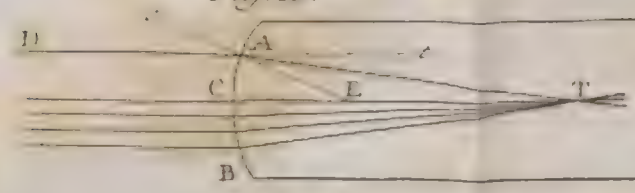


Fig. 13.

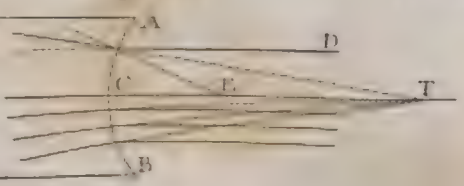


Fig. 11.

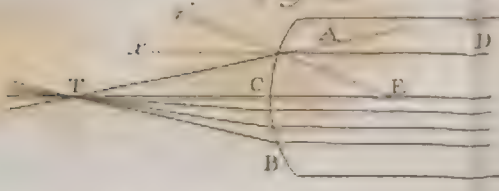


Fig. 14.

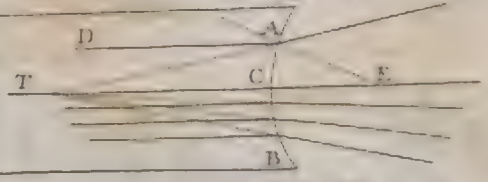


Fig. 12.

Fig. 15.

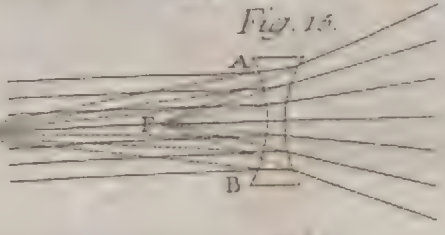


Fig. 16.

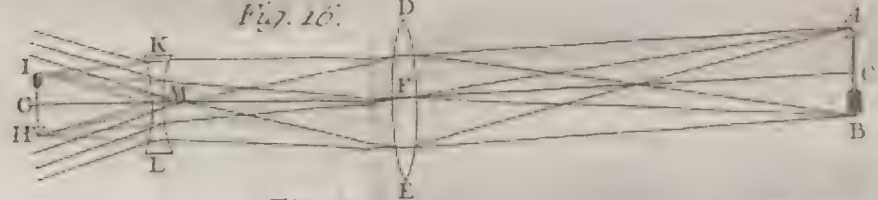


Fig. 17.

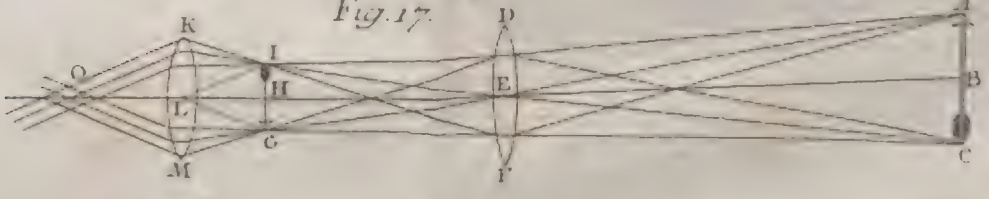
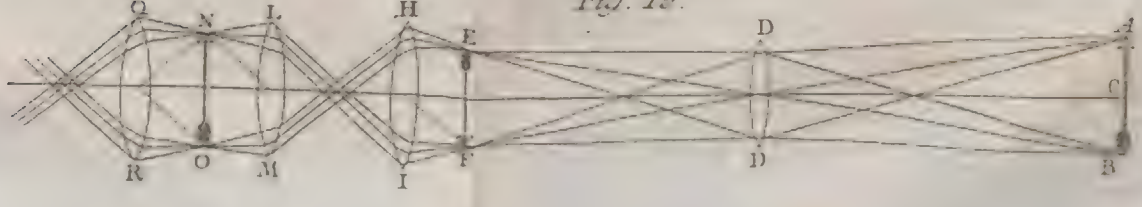


Fig. 18.



Digitized by Google

Fig. 19.

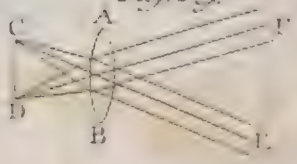
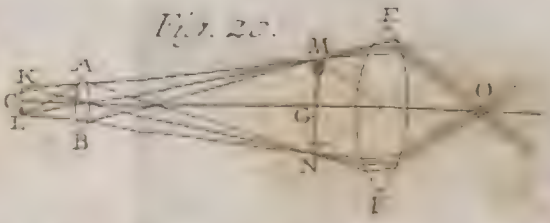


Fig. 20.



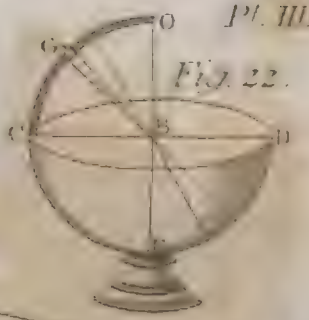


Fig. 22.

Fig. 21.

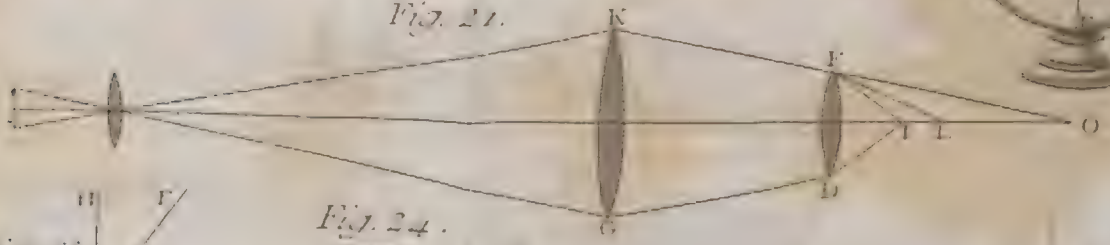


Fig. 23.

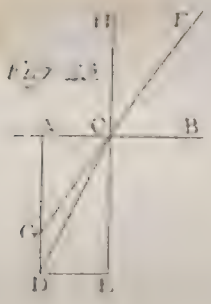
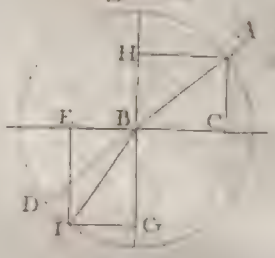


Fig. 24.



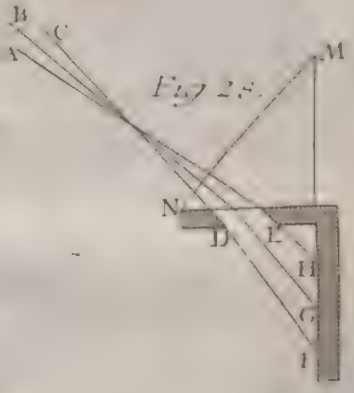
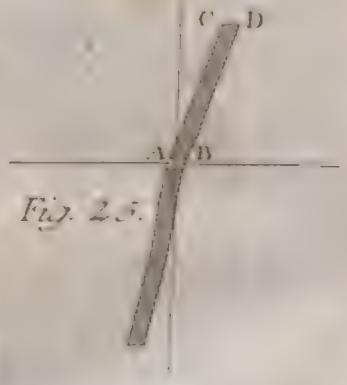


Fig. 25.



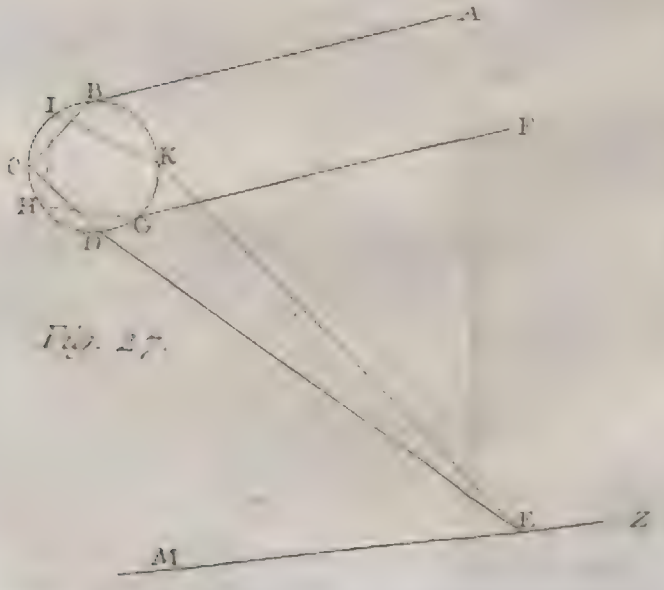


Fig. 27.

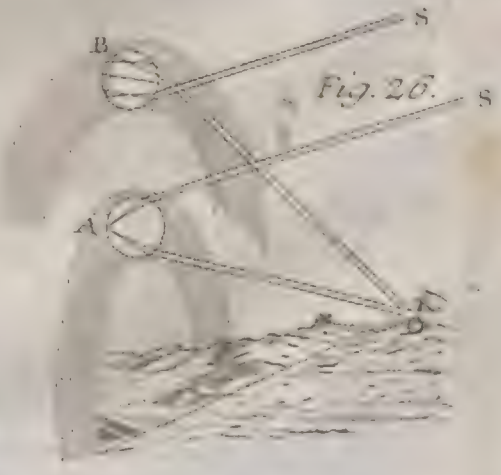


Fig. 26.

Digitized by Google

Fig. 29.

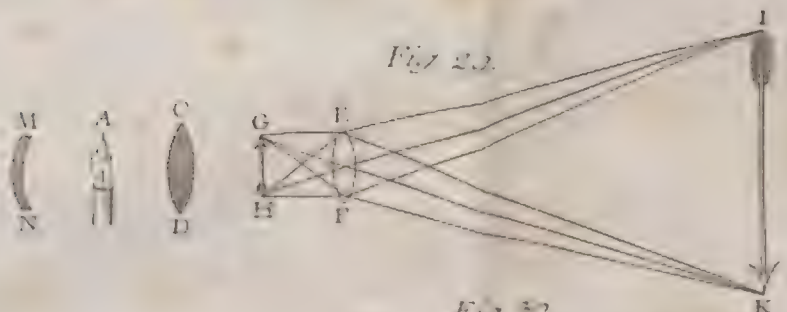


Fig. 31.

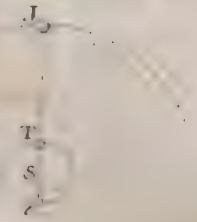


Fig. 30.

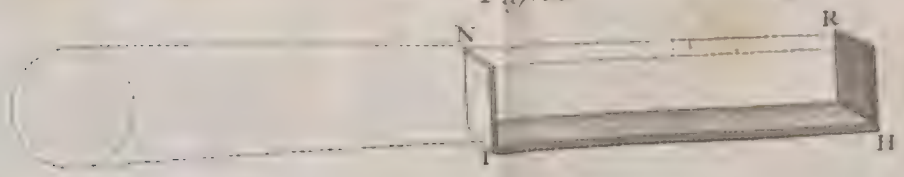


Fig. 33.

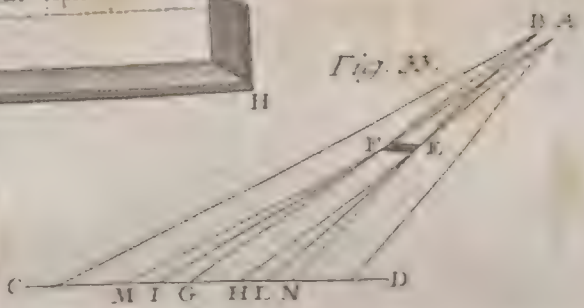


Fig. 32.

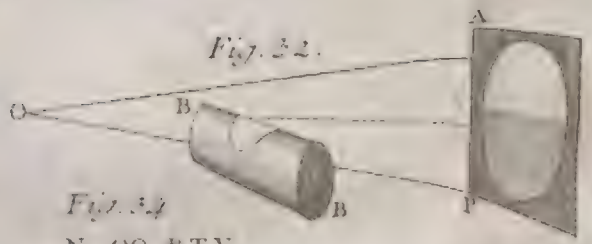


Fig. 34.

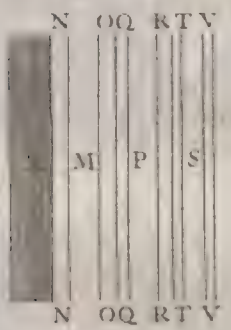
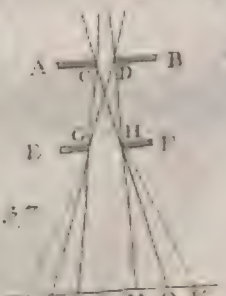


Fig. 37.



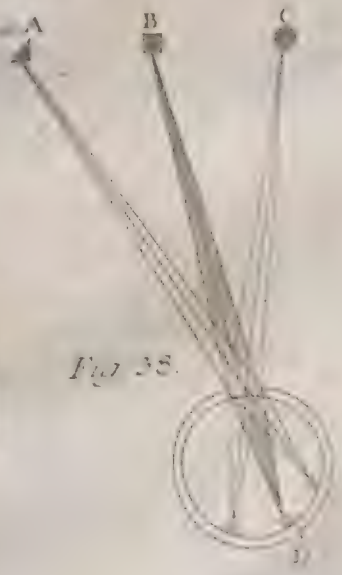


Fig. 38.

Fig. 36.

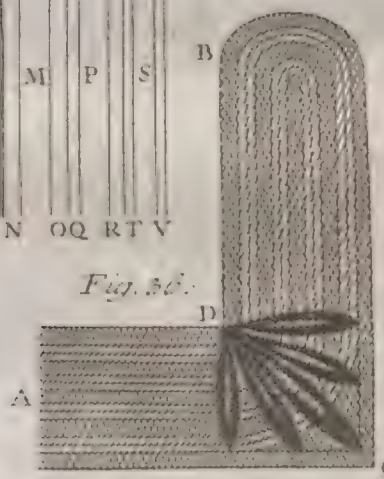
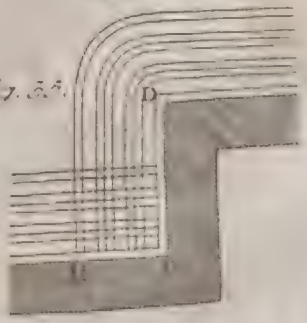


Fig. 35.



Digitized by Google

Fig. 39.

Fig. 42

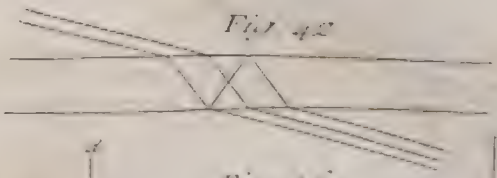
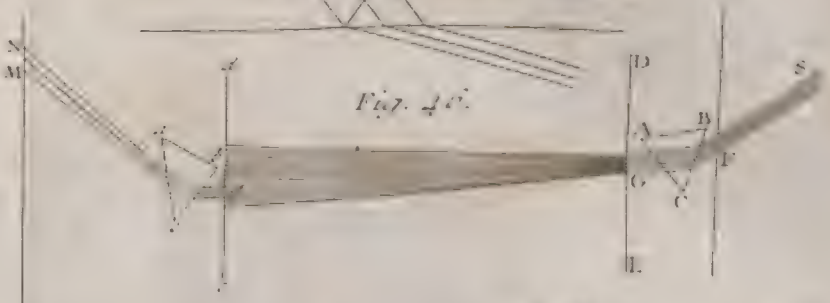


Fig. 40.



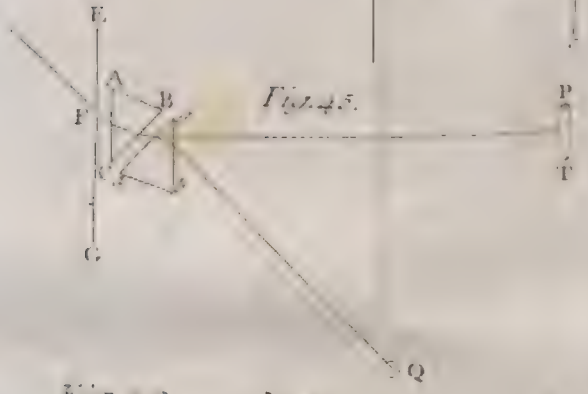


Fig. 43.

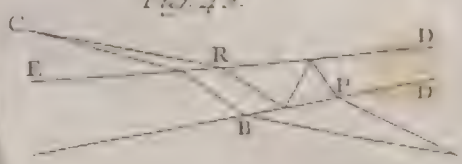


Fig. 45.

Fig. 46.

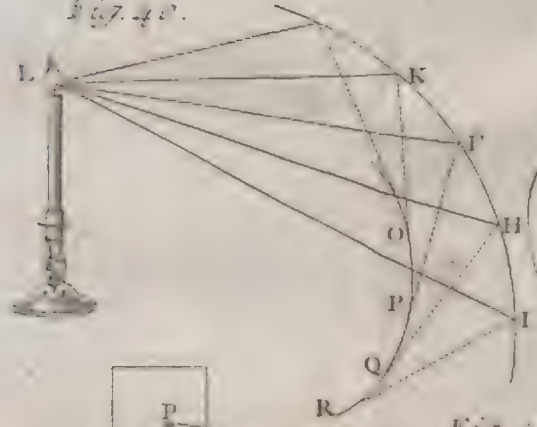
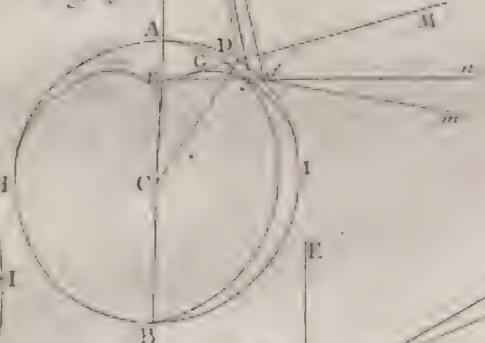


Fig. 41.



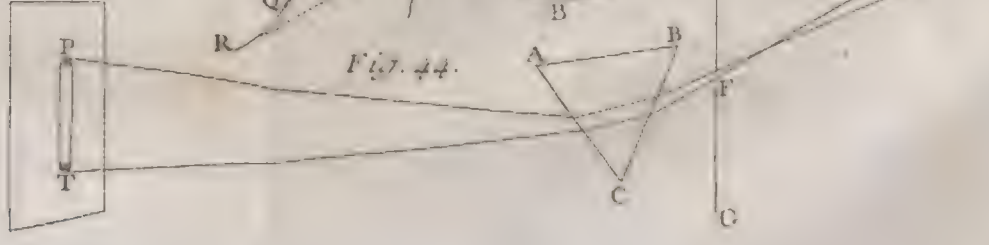


Fig. 44.

Digitized by Google

Fig. 47.

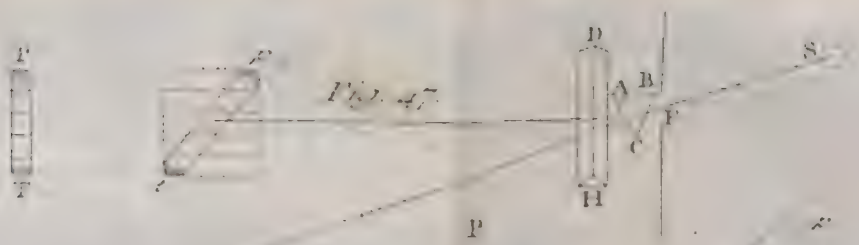


Fig. 48.

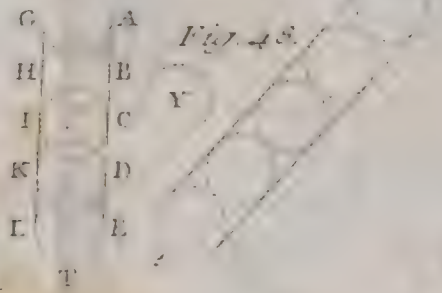


Fig. 51.

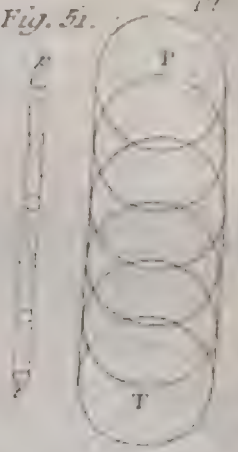


Fig. 49.

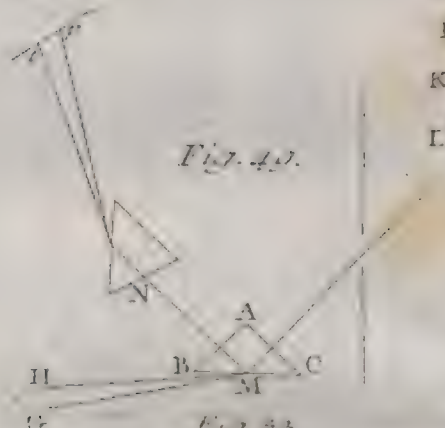


Fig. 50.

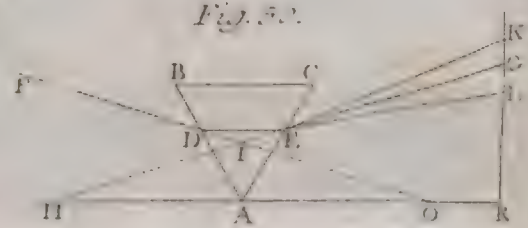


Fig. 53.

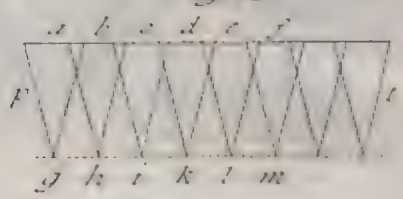


Fig. 52.

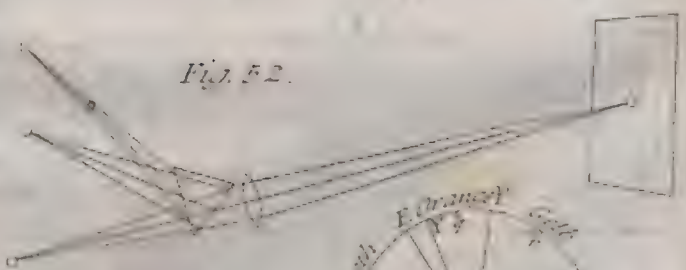


Fig. 55.

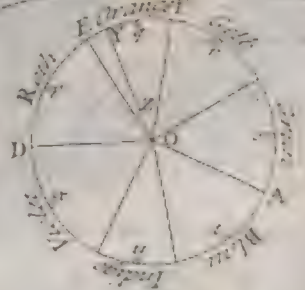
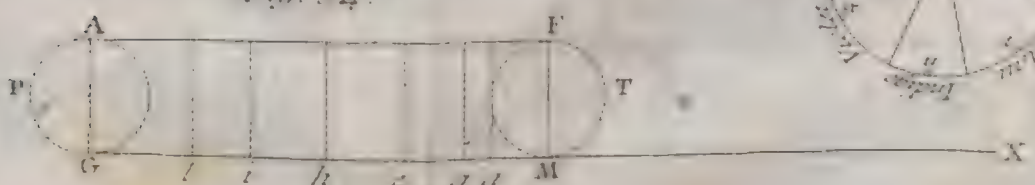


Fig. 54.



Digitized by Google

Fig. 56.

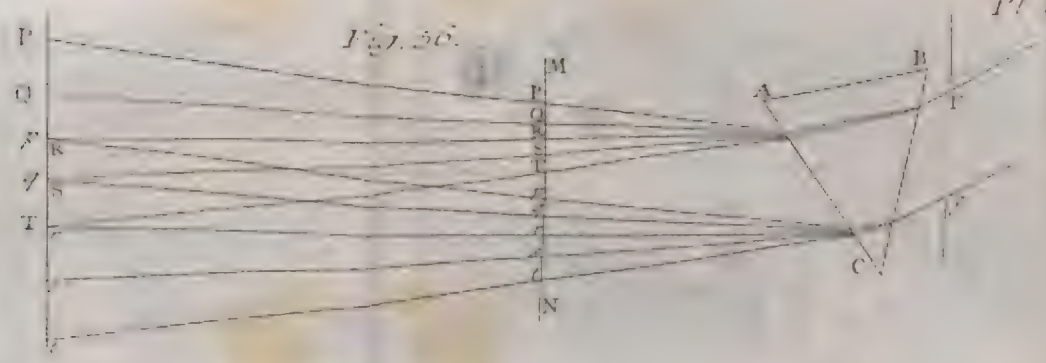


Fig. 57.

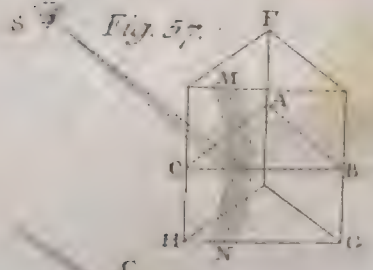


Fig. 58.

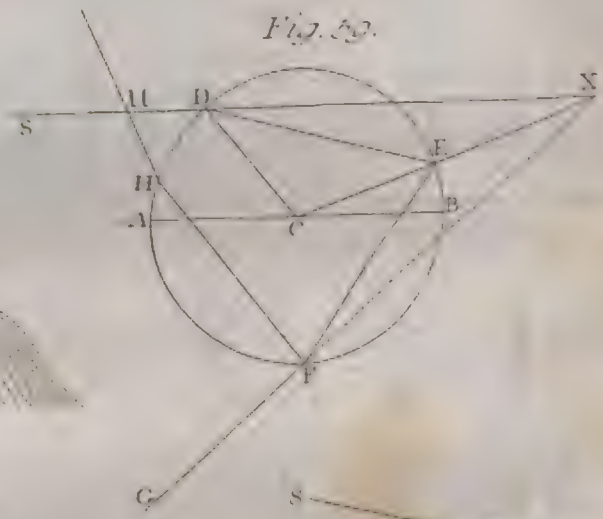


Fig. 59.

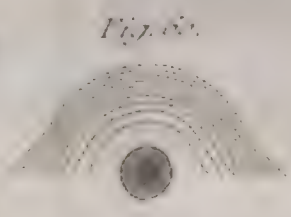


Fig. 60.

Fig. 62.

Fig. 63.

Fig. 64.

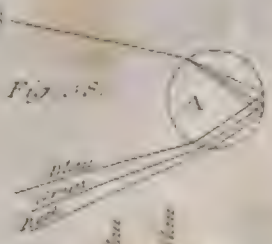
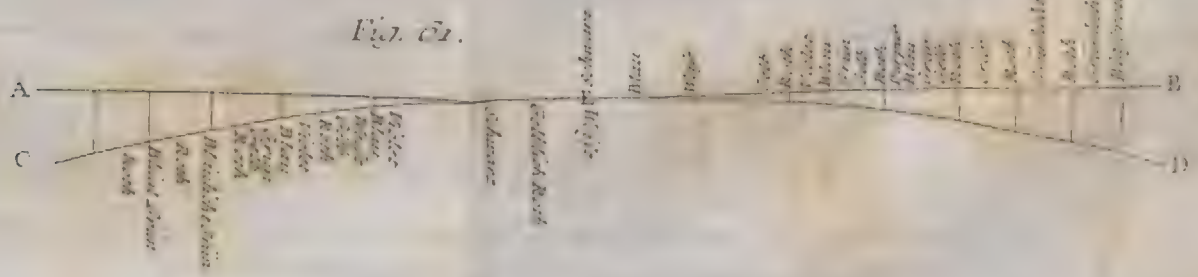


Fig. 61.



Digitized by Google

Fig. 64.

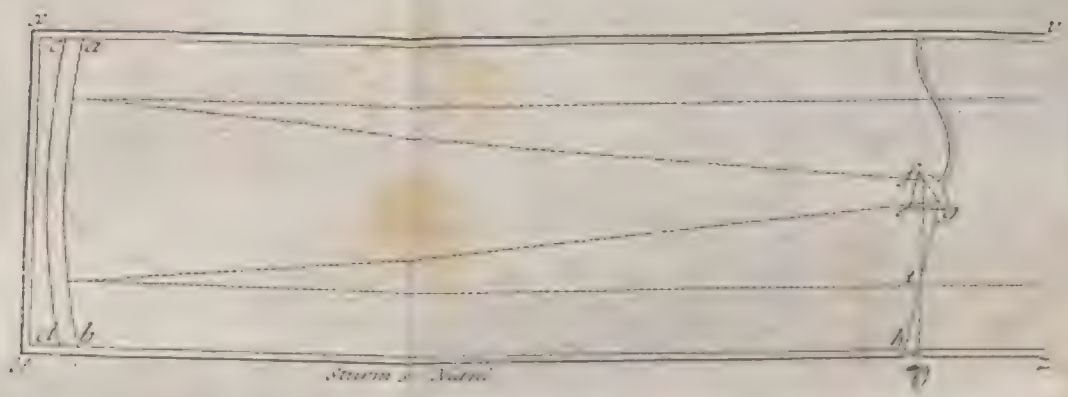


Fig. 65.

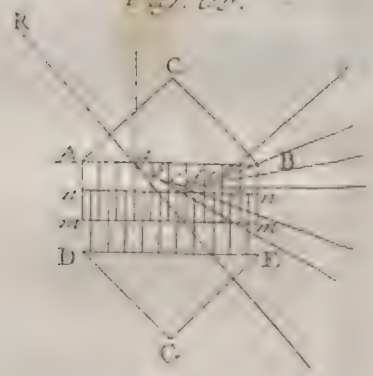
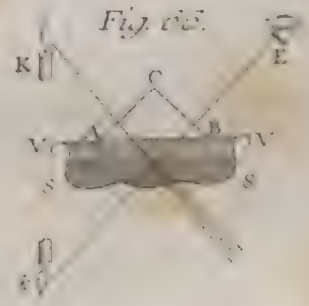


Fig. 66.



Digitized by Google

Dr. Joseph Prieſtleys

Geſchichte der Optik.

Zweyter Theil.

Digitized by Google

Inhalt
des zweyten Theils.

Sechste Periode.

Zeiten nach Newton, S. 257.

Erſter Abſchnitt.

Bemerkungen von dem Weſen des Lichtes.

Erſtes Kapitel.

Hrn. Eulers Hypotheſe vom Lichte, S. 258.

Zweytes Kapitel.

Von der Eigenſchaft einiger Körper, das Licht einzuſchlucken, und wieder von ſich zu geben, und insbeſondere von dem Bononiſchen Phosphorus. S. 265.

Drittes Kapitel.

Von der äußerſten Feinheit und dem höchſt geringen Momente des Lichts, und von des Hrn. Boscovich allgemeiner Hypotheſe. S. 279.

Zweyter Abſchnitt.

Beobachtungen von der Geſchwindigkeit des Lichts. S. 287.

Dritter Abſchnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen, die Zurückwerfung des Lichts betreffend.

Erſtes Kapitel.

Beobachtungen über die Zurückwerfung des Lichtes von der Oberfläche der Körper. S. 293.

Zweytes Kapitel.

Beobachtungen über die Zurückwerfung des Lichtes innerhalb durchſichtiger Körper. S. 304.

Drittes Kapitel.

Bemerkungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen Farbe des Himmels, und der rothen Farbe der Wolken, des Morgens und des Abends. S. 327.

Viertes Kapitel.

Vermiſchte Bemerkungen, die Zurückwerfung des Lichts betreffend. S. 335.

Vierter Abſchnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen, die Brechung des Lichts betreffend.

Erſtes Kapitel.

Von der verſchiedenen Zerſtreuung der Lichtſtrahlen, wie ſie von ihrer verſchiedenen Brechbarkeit nicht abhängt. S. 339.

Zweytes Kapitel.

Beobachtungen über die brechende Kraft mancherley Körper. S. 363.

Drittes Kapitel.

Brechungskraft der Atmoſphäre. S. 369.

Inhalt.

Fünfter Abschnitt.

Beobachtungen die Farben dünner Blättchen, und andere von ähnlicher Art betreffend. S. 375.

Sechster Abschnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen die Beugung des Lichts betreffend. S. 383.

Siebender Abschnitt.

Vergleichung der Stärke des Lichts. S. 393.

Achter Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Isländischen Krystalls. S. 398.

Neunter Abschnitt.

Von dem Lichte faulender Körper, einiger Fische, des Seewassers, und der Phosphoren. S. 407.

Zehnter Abschnitt.

Bemerkungen vom Regenbogen. S. 426.

Eilfter Abschnitt.

Bemerkungen von Höfen und Nebensonnen. S. 432.

Zwölfter Abschnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen das Sehen betreffend.

Erstes Kapitel.

Ueber die Wirkung des Lichtes auf das Auge. S. 450.

Zweytes Kapitel.

Ueber die Art, wie das Auge sich selbst einrichtet, Gegenstände in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen. S. 456.

Drittes Kapitel.

Vom Schielen. S. 468.

Viertes Kapitel.

Vermischte Ereignisse an den Augen. S. 473.

Fünftes Kapitel.

Vom deutlichen und undeutlichen Sehen. S. 482.

Sechstes Kapitel.

Von der scheinbaren Stelle, Entfernung, Größe und Bewegung der Gegenstände. S. 491.

Siebendes Kapitel.

Von der Gestalt des Mondes beym Horizonte. S. 504.

Achtes Kapitel.

Verschiedene Arten Gesichtsbetrüge. S. 511.

Dreyzehnter Abschnitt.

Erfindungen und Verbesserungen optischer Werkzeuge. S. 520.

Vierzehnter Abschnitt.

Erweiterungen in dem mathematischen Theile der Optik. S. 537.

Funfzehnter Abschnitt.

Vermischte Bemerkungen. S. 542.

Geschichte

Geſchichte
und gegenwärtiger Zuſtand
der Optik
vorzüglich in Abſicht auf den phyſikaliſchen Theil dieſer Wiſſenſchaft.

Sechſte Periode.
Zeiten nach Newton.

Manchen Leſer wird es befremden, daß die vor uns liegende Periode einen ſo großen Raum in dieſer Geſchichte einnimmt. Denn gewöhnlich glaubt man, und vielleicht ſtehen ſelbſt einige Naturkündiger in den Gedanken, daß in der Lehre vom Sehen, dem Lichte und den Farben, ſeit Newtons Zeiten, wenig oder nichts gethan ſey, unerachtet er manche ſeiner Verſuche unvollendet gelaſſen hat; und daher höret man ſolche Leute immer ihre Verwunderung bezeigen, warum Niemand dieſe Verſuche wieder vorgenommen und fortgeſetzet habe. Denen, die ſich dies einbilden, wird die in der anzufangenden Periode enthaltene Geſchichte eine angenehme Unterhaltung verſchaffen. Sie wer-

den darinnen eine reiche Aerndte, nicht von unbedeutenden Beobachtungen und überflüßigen Kleinigkeiten, ſondern von gründlichen und wichtigen Entdeckungen, die tief in die Natur des Lichtes und der Körper, in Abſicht auf das Licht betrachtet, dringen; ſo wie auch von ſehr vielen Erläuterungen über die Ereigniſſe beym Sehen, vorfinden. Ich kann den Leſern verſichern, daß ich ſo wenig genöthiget geweſen bin, die Materialien zu dieſer Periode auszudehnen, daß ich vielmehr, um vieles in einen kleinen Raum zuſammenzubringen, mehr Mühe von dem Abkürzen bey derſelben gehabt habe, als bey einem jeden andern Theile dieſes Werkes.

Damit man die in dieſer fruchtbaren Periode gemachten Entdeckungen und Verbeſſerungen deſto bequemer möge überſehen können, ſo will ich ſie in einige Abſchnitte vertheilen, deren die meiſten wieder Unterabtheilungen erfodern werden. In jedem Abſchnitte wird der Leſer, wenn ſeine Kenntniſſe nicht über Newtons Entdeckungen hinausgehen, viele neue und wichtige Bemerkungen antreffen; und wenn er nur dasjenige alles, was im Engliſchen, ſeit Newtons Zeiten, heraus gekommen iſt, inne hat, ſo wird ihm der größte Theil des Inhalts mehr als eines Abſchnittes neu ſeyn, und von ihm für merkwürdig und ſchätzbar erkläret werden.

Die Anzahl derer, welche ſich in dieſem Zeitraume durch ihre Entdeckungen hervorgethan haben, iſt ſo groß, daß ich den Leſer mit der Erzählung ihrer Namen und Verdienſte, in dieſer Einleitung nicht aufhalten will. So will ich auch von den vielen Geſellſchaften, die zur Beförderung natürlicher Kenntniſſe während eben dieſes Zeitraumes geſtiftet ſind, nur zwo nennen, deren Schriften am ordentlichſten und zahlreichſten herauskommen. Dieſes ſind die zu Petersburg und Berlin, von welchen beyden man eine ſehr reiche und ſchätzbare Sammlung von Materialien, für alle Theile der Naturkunde, ferner zu hoffen hat.

Erſter Abſchnitt.

Bemerkungen von dem Weſen des Lichtes.

Erſtes Kapitel.

Herrn Eulers Hypotheſe vom Lichte.

Widerſpruch gegen Newtons phyſikaliſche Theorie vom Lichte.

So entſcheidend auch die Gründe wider die Meynung, daß das Licht in den Schwingungen eines flüßigen Mittels beſtehe, den meiſten Naturkündigern vorkamen, beſonders ſeitdem Newton in ſeinen Principien die Unmöglichkeit dieſer Hypotheſe bewieſen zu haben ſchien; ſo blieben doch einige Naturforſcher, insbeſondere verſchiedene berühmte Ausländer, bey derſelben, und nicht anders als mit vieler Mühe konnten einige, ſelbſt unter den Engländern, ſich bereden, ſie fahren zu laſſen. Keiner aber beſtritt die Newtonianiſche Hypotheſe, wenn man ſie ſo benennen darf, (denn Newton trägt ſie nur in einer ſeiner Fragen vor, nämlich ob das Licht nicht aus kleinen Theilchen beſtehe, die aus den leuchtenden Körpern kommen) ſo eifrig, und gab ſich ſo viel Mühe um die Sache, als der ſo berühmte Mathematiker,

Herr

Herr Euler, in ſeiner Schrift, Noua theoria lucis et colorum, a) worinnen er die Hugenianiſche Hypotheſe wieder hervorzog und vertheidigte, nach welcher nämlich das Licht in Schwingungen beſteht, die von dem leuchtenden Körper durch ein ſubtiles ätheriſches Mittel fortgepflanzet werden. b)

Da ich den Leſer nicht mit bloßen Hypotheſen aufhalten mag, als nur in ſo weit ſie unumgänglich nothwendig ſind, die Erſcheinungen in der Natur zu erklären; ſo will ich bloß einen kurzen Auszug der Einwürfe des Herrn Eulers gegen Newtons Lehre hier vortragen: zur Vorbereitung auf die gegründeten und nützlichen Bemerkungen anderer, die ſeine Einwürfe beantwortet haben, und auf einige neue und wichtige Facta, welche die itzt am meiſten beliebte Meynung zu beſtätigen dienen.

Eulers Einwürfe.

Herr Euler hat ſelbſt folgenden kurzen Begriff ſeiner Einwürfe wider die gewöhnliche Meynung gegeben. Nicht zu gedenken, ſaget er, daß die Sonne durch die ſo häufige Ausſendung materieller Theilchen mit der Zeit erſchöpfet werden würde, (Newton läßt, zur Erſetzung des Verluſtes, die Kometen in die Sonne fallen) ſo müßte eine ſolche Menge von Materie, die den ganzen Himmelsraum einnimmt, und mit einer ſo gewaltigen Geſchwindigkeit beweget wird, die Planeten und Kometen in ihrem Laufe um die Sonne nothwendig ſtören. Dieſes aber bey Seite geſetzet, auch zugegeben, daß körperliche Theilchen ſich mit der unermeßlichen Geſchwindigkeit des Lichtes bewegen können, wie iſt es möglich, daß die Strahlen durchſichtige Körper ſo ſehr leicht durchdringen können? Sie mögen auf welche Art man will, durchgehen, ſo müſſen dieſe Körper ihre Zwiſchenräumchen nach allen möglichen Richtungen in geraden Linien liegen haben, um den Strahlen freye Durchgänge zu verſtatten. Ein ſolcher Bau der Körper, ſaget er, würde ihnen alle Materie und alle Verbindung ihrer Theile benehmen, wenn ſie auch Materie enthielten. c)

Deſſelben Gedanken von dem Urſprunge der Farben.

Hr. Euler trägt auch eine neue Idee von dem Urſprunge der Farben an den undurchſichtigen Körpern vor, die mit der Hauptſache in der Newtonianiſchen Lehre ganz unverträglich iſt. Er nimmt an, daß farbichte Körper das auffallende weiße Sonnenlicht von ihrer Vorderfläche zurück ſenden, aber daß die beſondere Gattung von Licht, durch welches ſie von dieſer oder jener Farbe zu ſeyn ſcheinen, von den Theilen des Körpers ausfährt. So, meynt er, ſehe Zinnober nicht deswegen roth aus, weil von den auffallenden Strahlen die rothen am häufigſten zurück geſandt

a) In den Opuſculis varii argumenti. Berol. 1746. 4to. von p. 169—244. Faßlich iſt das Syſtem, welches das Licht dem Schalle ähnlich machet, von dem jüngern Herrn Euler, in den Briefen an eine deutſche Prinzeſſin über verſchiedene Gegenſtände aus der Phyſik und Philoſophie, 1. Th. vom 17ten Briefe an, vorgetragen worden. Einen umſtändlichen Auszug findet man in dem alten Hamburg. Magazin. 6. Band. K.)

b) In dem traité de la lumiere par M. Huygens. à Leide 1690. 4. Es gehöret aber nicht wenig Mühe dazu, ſeine Einbildungskraft der Hugenianiſchen gleichförmig zu machen, mehr als die ganze Sache werth iſt. Auf die Erklärung der Farben in dieſer Hypotheſe läßt Huygens ſich noch nicht ein. K.)

c) Memoires de l'Acad. de Pruſſe, 1752. p. 271 (in dem Eſſai d'une explication phyſique des couleurs engendrées ſur des ſurfaces extrémement minces.)

werden, ſondern weil durch eine gewiſſe Geſchwindigkeit der Schwingung, welche die elaſtiſchen Theilchen deſſelben von dem Anſtoße des auffallenden Lichtes anzunehmen im Stande ſind, eine neue Ausſendung rother Strahlen entſteht. d)

Beantwortung und Widerlegung.

Dieſe und einige andere Einwürfe zu beantworten, will ich dem Leſer einige gründliche Bemerkungen des Hrn. Melville vorlegen, eines jungen Mannes, der im 27ſten Jahre ſeines Alters ſtarb, von dem wir verſchiedene ſinnreiche Gedanken über Licht und Farben haben, und deſſen Eifer, mit dem er ſich dieſer Sache widmete, uns noch mehr verſprach, wenn er länger gelebet hätte.

Es iſt genug, ſaget er, um Hrn. Eulers Theorie der Farben zu widerlegen, daß keine Erſcheinungen ſie beweiſen oder nothwendig machen, da hingegen Newtons Theorie nicht allein die Erſcheinungen erkläret, ſondern auch aus einer Menge von Verſuchen gerade zu hergeleitet wird. Nach der Euleriſchen Hypotheſe müßte ein Körper von einer gewiſſen Farbe, der in das gleichartige Licht einer andern gehalten wird, nicht die Farbe dieſes Lichtes, ſondern eine andere, zwiſchen dieſe und ſeine eigene natürliche Farbe fallende, annehmen, welches aber der Erfahrung entgegen iſt. e)

Das vornehmſte, oder vielmehr einzige Ereigniß, welches Hrn. Euler zu dieſer Meynung geleitet haben mag, iſt, daß es viel farbichte Körper giebt, als Metalle, die ſich ſehr glatt poliren laſſen, und daher die Bilder anderer Körper ſehr ordentlich zurück zu ſenden im Stande ſind, dabey aber ihre eigene Farbe behalten, vermittelſt deren man ſie in allen Lagen zu ſehen im Stande iſt. Dasjenige Licht, vermittelſt deſſen man die Bilder der Gegenſtände in ihnen erblicket, giebt er zu, iſt das auffallende und gehörig zurück geworfene Licht; aber das andere ſoll von den die Farbe verurſachenden Theilen des Körpers herrühren. Allein was iſt es nöthig, ſaget Hr. Melville, zu einer ſolchen Vorausſetzung ſeine Zuflucht zu nehmen, da man zuerſt weis, daß die Beſtandtheile aller undurchſichtigen Körper durchſichtig ſind, daß an jedem durchſichtigen Körper ſich eine doppelte Zurückſtrahlung ereignet, eine an der Vorderfläche, und eine von dem durchgegangenen Lichte an der Hinterfläche; da man ferner weis, daß ſehr dünne Körper, als Seifenblaſen, oder Luft zwiſchen zwey Linſengläſern, an der Vorderfläche alle Arten von Farben, und an der Hinterfläche nur gewiſſe Arten zurück werfen. Führen uns dieſe Ereigniſſe, ſaget er, nicht natürlicher Weiſe auf die Vermuthung, daß die erſte Art des Lichtes bloß ein Theil des auffallenden, und von der Vorderfläche zurück geſendeten Lichtes, die zwote Art aber ein Theil des durchgegangenen und von der hintern Seite der Theilchen auf der Oberfläche des Spiegels zurück geſendeten Lichtes ſey. f)

Zuſatz

d) Eſſays and obſervations Phyſical and Literary, 3 vols. Edinburgh. 1754. vol. 2. p. 30. (Etwas genauer in dem Zuſatze zu dieſem Kap.)

e) Hr. Euler würde vielleicht antworten, man ſehe in dieſem Falle den Körper bloß vermittelſt des zurückgeworfenen Lichtes; dahingegen, wenn er in weißes Licht gehalten wird, ſeine Theilchen von einer gewiſſen Gattung des auffallenden Lichtes eine gewiſſe Schwingung annehmen, welche die Empfindung einer gewiſſen Farbe erregen. Das weiße Licht, welches er alsdenn zurückwerfe, verändere dieſe Farbe nicht. A.

f) Edinburgh Eſſays, vol. 2. pag. 38. (Zur Erläuterung füge ich noch dieſes hinzu.

Könnte

Zusatz des Uebersetzers.

Zu den Einwürfen, welche Hr. Euler in der theor. lucis et col. gegen das Emissionssystem vorbringt, gehöret auch dieser, wie es möglich sey, daß mehrere Strahlen, die von verschiedenen Orten her, mit der unbegreiflichen Geschwindigkeit, die man dem Lichte geben muß, kommen, sich in ihrer Bewegung nicht stöhren. Wenn noch so viele Strahlen durch ein noch so kleines Loch in ein finsteres Zimmer fallen, oder in dem Brennpuncte eines Brennspiegels oder Brennglases sich kreuzen, so verändert dieses die Richtung der einzelnen Strahlen nicht im geringsten, da es doch ohne die heftigsten Collisionen hier nicht abgehen zu können scheint. Was hingegen wieder geantwortet werden kann, findet man in dem dritten Kapitel dieses Abschnittes.

Dem Eulerischen System steht im Wege, was Newton am Ende des zweyten Buches seiner Principien anführet, daß nämlich die Schläge oder Wellen eines elastischen Mittels, wenn sie durch ein Loch in einer vorliegenden Wand gehen, sich hinter demselben nach allen Seiten hin ausbreiten; woraus folgen würde, daß man einen leuchtenden Körper, wenn er solche Wellen erreget, auch hinter einer undurchsichtigen Wand sehen müßte, wenn man auch nicht in einer geraden Linie von dem leuchtenden Körper durch das Loch sich befindet, so wie man den von außen erregten Schall in allen Winkeln eines verschlossenen Zimmers durch eine Oeffnung höret. Hr. Euler widerleget Newtons Theorie nicht; erinnert aber, daß damit noch nicht bewiesen sey, daß der Schall sich in dem Zimmer durch eine Oeffnung in der Wand nach allen Seiten hin ausbreite. Denn Niemand, der in dem Winkel eines Zimmers sitze, glaube, daß der schallende Körper in dem Loche der Wand befindlich sey, wie er doch dafür halten müßte, wenn der Schall von dem Loche her sich ausbreitete, weil man von der Lage des schallenden Körpers nach der Richtung urtheile, nach welcher die Schläge der Luft ins Ohr kommen. Ferner, wenn man das Loch zumache, höre man den Schall fast eben so gut; der Schall dringe durch die Wände des Zimmers, welche, in Absicht auf den Schall, eben das seyn, was durchsichtige Kör-

Könnte man einen vollkommen polirten Spiegel machen, so würde man bloß die Bilder der Gegenstände in ihm sehen, ihn selbst aber nicht. Weil aber der beste Spiegel noch voll kleiner Hügel und Thäler ist, so kann jede Stelle desselben Licht von sehr vielen Puncten der Gegenstände ins Auge senden, und erreget daher nicht die deutliche Empfindung eines gewissen einzelnen Punctes, sondern die undeutliche sehr vieler, also bloß die Empfindung des Lichtes. Aber warum dieses von einer gewissen Farbe? Nach Newton kömmt die Farbe der Körper auf die Dicke der Lamellen ihrer Oberfläche an, von deren Hinterfläche die Strahlen zurückgeworfen werden: also werden die Strahlen, welche den Spiegel mit seiner Farbe sichtbar machen, solche seyn, die von der Hinterfläche zurückgeworfen werden. Denn diejenigen, welche von der Fläche des Spiegels durch die zurückstoßende Kraft derselben, ehe sie sie erreichen, zurückgeworfen werden, verändern ihre Farbe nicht, und stellen entweder einen gewissen Punct des Gegenstandes deutlich dar, oder erregen bloß die Empfindung des Lichtes, wenn sie zu mehrern Puncten gehören. Ü.)

per, in Absicht auf das Licht, sind. Könnte man die Wände eines Zimmers so stark machen, daß der Schall sie durchzudringen nicht im Stande wäre, so würde man auch den Schall ohne Zweifel nicht anders, als in derjenigen Richtung, nach welcher er durch eine Oeffnung ins Zimmer gekommen, vernehmen können. Hr. Euler hält es so gut wie unmöglich, ein solches Zimmer anzulegen, allein ich glaube fast, den von ihm vorgeschlagenen Versuch gemachet zu haben. Ich lies Jemanden außen vor meinem Zimmer, der Thüre gegen über, etwa 18 Fuß von derselben sich stellen, und daselbst in einem Buche lesen. Ich selbst nahm meinen Platz inwendig zur Seite der Thüre, etwa 15 Fuß von derselben. Die gerade Linie von mir nach dem Lesenden gieng schief durch zwo sehr dicke Mauern, welche eine steinerne Windeltreppe einfasseten, und außerdem noch durch den Schorstein eines Ofencamins. Wenn ich bey eröffneter Thüre den Lesenden noch eben verstehen konnte, so vernahm ich bey zugemachter Thüre nur bloß ein Murmeln, und wenn ich in jenem Falle nicht mehr deutlich hörete, so vernahm ich in dem letztern nichts, als bisweilen einen kleinen fast unhörbaren Laut, alles so, wie ich es mir zum voraus vorgestellet hatte. Hier ist der Schall wohl schwerlich nach der geraden Linie in mein Ohr gekommen, weil sich sonst nicht ein so großer Unterschied bey eröffneter und zugemachter Thüre würde gezeiget haben. Durch eine einfache Reflexion konnte er auch nicht zu mir gelangen, und mehrere waren wegen des in dem Zimmer befindlichen, hiezu sehr untauglichen Geräthes, nicht wohl möglich. Es muß durch die Ausbreitung zur Seite von der Thüre her geschehen seyn. Der Schall schien mir nicht von der Thüre herzukommen, ohne Zweifel deswegen, weil ich durch öftere Erfahrungen von der Gegend des Schalles zu urtheilen gewohnt war. Allein, auch ein des Ortes ganz unerfahrner würde vielleicht den Lesenden nicht in der Thüre zu seyn geglaubet haben, weil das Urtheil des Ohres weit unzuverläßiger ist, als des Auges, und sich nach viel undeutlichern, durch Gewohnheit erworbenen Regeln richtet.

Huygens nimmt, die Fortpflanzung des Lichtes in gerader Linie zu erklären, an, daß jedes Theilchen des von dem leuchtenden Körper bewegten Aethers kleine Wellen errege, wovon es der Mittelpunct ist. Die Wellen der Theilchen, welche mit dem leuchtenden Puncte in gerader Linie liegen, berühren sich nirgends als auf dieser Linie; diese Berührungspuncte machen die Hauptwellen um den leuchtenden Körper aus, welchen das Auge nicht anders empfindet, als wenn es den vereinten Eindruck der Particularwellen bekömmt: das ist, wenn es von dem Aether nach der geraden Linie von dem leuchtenden Puncte her getroffen wird. Es mag aber wohl mit diesen Nebenwirbeln nicht besser beschaffen seyn, als mit den Epicyklen in dem Ptolemaischen Weltsysteme. Solche in eine Hypothese hinein gezwungene Flickbegriffe erregen kein gutes Vorurtheil für dasselbe.

Hr. Euler läßt diese Huygenianischen Nebenwirbel fahren, und erkläret die Strahlenbrechung, bey welcher Huygens sie ebenfalls brauchet, auf eine Art, die folgendes Bild deutlich machen wird. Man stelle sich eine Reihe Soldaten vor, die nach einer auf die Linie, in welcher sie gestellet sind, senkrechten Richtung, auf einem sehr ebenen Boden marschiren. Der eine Flügel, es sey der linke, treffe an ein

neu

neu gepflügtes Feld, worauf die Soldaten dieses Flügels langsamer gehen mögen, unterdessen daß die auf dem rechten, auf dem ebenen Boden, mit der anfänglichen Geschwindigkeit fortgehen. Wenn die Leute ihre Linie gerade erhalten, und nach einer auf sie senkrechten Richtung fortmarschiren sollen, so muß die Linie sich offenbar um den linken Flügel drehen, und nachdem sie ganz auf das gepflügte Feld gekommen ist, wird ihre Richtung und Geschwindigkeit sich geändert haben, und man wird leicht finden, daß die Sinus der Winkel, welche die beydemaligen Richtungen mit dem Perpendikel auf die Gränze des ebenen und gepflügten Landes machen, sich wie die Geschwindigkeiten auf jenem und diesem verhalten, das ist, in einem gegebenen Verhältnisse mit einander stehen.

Eben so ist es nach Herrn Eulers Beweise mit dem Lichte beschaffen. Die Partikeln des Aethers sind die Soldaten, die Pulsus oder die von dem leuchtenden Körper in dem Aether erregten Bewegungen sind die Linie, in welcher die zu gleicher Zeit in eine ähnliche Bewegung gesetzten Partikeln sich befinden. Indessen ist hier doch ein Unterschied. Die Theilchen des Aethers sollen in einer schwingenden Bewegung seyn; sie selbst rücken nicht immer weiter fort, sondern nur die Pulsus; auch muß, so viel ich einsehe, jedes Theilchen von den benachbarten weder einen Eindruck leiden, noch auf sie verursachen, sondern in der geraden Linie fortzugehen, ungehindert im Stande seyn. Allein, wenn dieses so ist, so dächte ich, daß die Schwingungen jedes Theilchens des Aethers sich nach der geraden Linie fortpflanzen könnten, wenn gleich das Mittel sich ändert.

Die Farben erkläret Hr. Euler aus der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher die Schwingungen des Aethers auf einander folgen. Diejenigen Strahlen, welche aus den häufigsten Schwingungen bestehen, erregen die Empfindung der rothen Farbe; und die, welche aus den wenigsten Schwingungen bestehen, die Empfindung der violetnen. Allein, in den Mem. de l'Acad. Prusse 1752, p. 281 erinnert Hr. E. daß man die Sache auf mehrerley Art erklären könne (kein gutes Symptom bey einer Hypothese) und daß wahrscheinlicher die rothen Strahlen durch eine kleinere Anzahl von Schwingungen hervorgebracht werden müßten, als die violetnen. Keines von beyden möchte sich nunmehr wohl behaupten lassen, nachdem entdecket ist, daß die Brechbarkeit einer Gattung von Strahlen gar nicht von der Brechbarkeit einer andern Gattung abhange, wie sie doch wohl nach jeder dieser Voraussetzungen thun müßte.

Die Körper theilet Hr. Euler, in Absicht auf das Licht, in vier Klassen. Zuerst die, welche durch ihr eigen Licht leuchten; zweytens diejenigen, welche das Licht zurück werfen, das sind solche, deren Theilchen durch das Licht in keine schwingende Bewegung gesetzet werden, sondern von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurück fahren; drittens die durchsichtigen, welche die Schläge des Aethers durch ihre Substanz hindurch fortpflanzen; viertens die undurchsichtigen Körper, deren Theilchen von dem auffallenden Lichte in eine schwingende Bewegung gesetzet werden, und in dem Aether hinwiederum eine solche Bewegung erregen, so wie von zwo gleich gestimmten Saiten die eine ertönt, wenn die

andere

andere beweget wird. Die Farbe eines Körpers hängt von dem Grade der Spannung ab, welcher deſſen Theilchen eigen iſt. Uebrigens kann ein Körper in verſchiedener Abſicht in mehrere dieſer Klaſſen zugleich gehören.

Hr. **Beguelin** hat in den neuen Memoiren der Berliner Akademie vom J. 1772 Unterſuchungen über die Mittel angeſtellet, welche man anwenden könnte, um über die Art der Fortpflanzung des Lichtes etwas zu entſcheiden. Er findet alle Verſuche, die man dazu nehmen möchte, zweydeutig. Derjenige, den er am Ende vorſchlägt, möchte außerdem, daß die Ausführung mit vielen Schwierigkeiten verknüpfet iſt, nicht weniger Ausflüchte übrig laſſen, als die andern. Sonſt erzählet er einen von ihm angeſtellten Verſuch, der billig ſchon längſt hätte müſſen gemachet werden, dadurch die anziehende Kraft, welche in dem Newtonianiſchen Syſtem die Brechung erklären muß, umgeſtoßen wird. Er iſt dieſer: Wenn ein Lichtſtrahl parallel mit einer Fläche eines gläſernen Würfels hart an derſelben vorbeyſtreicht, ſo geht gar kein Licht in das Glas hinein, wie es doch, wenn eine Attraction wirklich da wäre, thun müßte.

Plato ſchildert in ſeiner Republik den Zuſtand gewiſſer Gefangenen, die er ſich in einer langgeſtreckten Höhle, das Geſicht hineinwärts gekehrt habend, vorſtellet, in welchem Zuſtande ſie von ihrer Kindheit an, ohne jemals ſich nur mit dem Kopfe rühren zu können, geweſen ſeyn ſollen. Hinter ihrem Rücken ſoll in der Ferne ein Feuer in die Höhle hineinleuchten, und eine Mauer aufgeführet ſeyn, jenſeits welcher einige Leute die Bilder von Menſchen und Thieren herumtragen, und ſie dabey ſo hoch halten, daß der Schatten davon über die Mauer auf die innere Wand der Höhle, den Gefangenen gegen über, falle. Dieſe ſehen alſo nichts, als die Schatten der Dinge. Würden dieſe Gefangene, fragt Plato, die Schatten nicht mit eben den Namen belegen, welche ſie den Sachen ſelbſt geben würden, wenn ſie ſie ſehen könnten? Wenn ferner in der Höhle ein Wiederhall wäre, welcher die Reden der außen vorbeygehenden ihnen ins Ohr brächte, würden ſie den Schall irgend einem andern Dinge, als den Schatten, zuſchreiben? Sie würden allerdings nichts als die von außen her verurſachten Schatten für wirklich (ἀληθες) halten. Dieſes Gleichniß, welches Plato zu einer moraliſchen Anwendung braucht, kann vielleicht noch beſſer dienen, unſern Zuſtand, in Abſicht auf die Erkenntniß des Innern der Natur, zu ſchildern. Wir ſind dieſe Gefangenen; unſere Phyſik iſt die Lehre von dem Schatten ſolcher Dinge, die wir mit unſern Sinnen nicht faſſen. Kein Wunder, wenn wir aus den Begriffen, die wir uns von den Schatten machen, nicht erklären können, warum die Schatten ſich ſo, und nicht anders, uns darſtellen. Die Gefangenen müßten Freyheit erhalten, ſich umzukehren, und die Dinge, welche die Schatten verurſachen, betrachten können.

Zweytes Kapitel.

Von der Eigenschaft einiger Körper, das Licht einzuschlucken und wieder von sich zu geben, insbesondere von dem Bononischen Phosphorus.

Zusammenhang mit der Lehre vom Lichte.

Die Hypothese von der Körperlichkeit des Lichtes stimmt besonders gut mit den Erscheinungen an dem Bononischen Steine zusammen, als der die merkwürdige Eigenschaft hat, das Licht einzuschlucken, es eine Zeitlang in sich zu behalten, und es hernach wieder von sich zu geben; besonders weil er bey einem gewissen Grade der Hitze es häufiger aussendet, als bey einem andern. Durch diese Hypothese lassen sich auch einige Ereignisse am leichtesten erklären, welche darthun, daß die Farbe und der innere Bau der Körper bloß durch das Licht, ohne Zuthun der Hitze und anderer Umstände, verändert werden. Von diesen merkwürdigen Entdeckungen will ich in diesem Abschnitte eine kurze Nachricht, in der Ordnung, wie ich sie angeführet habe, mittheilen.

Zufällige Entdeckung.

Niemals hat die Naturlehre demjenigen, was man Zufall nennt, mehr zu danken gehabt, als bey der Entdeckung, daß das Licht von gewissen Körpern sich einschlucken läßt, eine Eigenschaft, die man sonst bloß einem gewissen Mineral in der Nachbarschaft von Bononien zuschrieb, die man aber nachher bey mehrern Körpern gefunden hat. Es war nicht bloß ein einzelnes, weiter führendes Factum, sondern sogar eine ganze Reihe von Factis, welche durch zufällige Beobachtungen bekannt wurden.

Durch einen Schuster in Bononien.

Der Mann, welcher zu allem diesen die Veranlassung gab, war Vincenzo Cascariolo, ein Schuster aus Bononien, [a]) der, um ein gewisses chymisches Geheimniß heraus zu bringen, unter andern eine Calcination des ersterwähnten Steines, den man an dem Fuße des benachbarten Berges Paterno findet, versuchte, und dabey zufälliger Weise fand, daß dieser Körper, nachdem er eine Zeitlang im Lichte gelegen hatte, hernach im Dunkeln durch seinen eigenen Glanz völlig sichtbar ward. Diese Entdeckung ward, so viel ich aus den Umständen schließen kann, um das Jahr 1630 gemachet.

Weitere Untersuchung.

Ein so besonderes Ereigniß mußte nothwendig, sobald es bekannt ward, die Aufmerksamkeit der Naturforscher rege machen. Verschiedene schrieben darüber, unter andern F. Licetus, Professor der Physik zu Bononien, Porterius, Celius, und Athanasius Kircher, der sich in der Naturwissenschaft nichts entgehen lies. [b]) Letzterer giebt uns eine umständliche Beschreibung dieses Minerals, und der damals gebräuchlichen Art es zu calciniren, nach welcher es zu einem feinen Pulver zerstoßen, und mit Wasser, Eyweiß oder Leinsaatöl durchgeknetet wird. Man legte die Masse in einen dazu bereiteten Ofen, und wiederhohlte die Operation mehrmals, wenn es nöthig war. Dabey bemerket er, daß dieser Stein nicht bloß in der Nachbarschaft

a) Hooke's experiments by Derham, p. 178.
b) Shotti Magia, vol. 6 p. 94. Memoires de l'Acad. de Paris 1730. p. 749. holl. Ausg.

barſchaft von Bononien, ſondern auch, wie er es ſelbſt entdecket, in einigen Alaunminen zu Tolpha gefunden wird.

Man darf ſich nicht wundern, daß dieſer außerordentliche Verſuch von einigen aus dem Grundſatze von der Körperlichkeit des Lichtes erkläret ward, welches der Bononiſche Stein erſtlich in ſich ziehen, und es, nachdem er es einige Zeit in ſeinen Zwiſchenräumchen zurück gehalten, wieder fahren laſſen ſollte; wiewohl aus Kirchern erhellet, daß dieſes nicht die gewöhnliche Meynung ſeiner Zeitgenoſſen war. Er ſelbſt nimmt an, daß die Luft mit einem feinen Dunſte, der ſich leicht erleuchten laſſe, angefüllet ſey, und daß jener Stein dieſen Dunſt in ſich ziehe. [c])

Auch der Graf **Marſigli** aus Bononien gab über dieſe Sache eine Schrift heraus, die zu Leipzig 1698 gedruckt iſt, und beſuchte, um ſeine Bemerkungen zu berichtigen, und ſich wegen gewiſſer beſondern Umſtände zu verſichern, im September 1711, den Berg Paterno, in Geſellſchaft des **Laurentius Galeatius** und **Beccarius**, der ſich in der Folge durch ſeine hieher gehörige Beobachtungen ſehr hervor that. [d]) Dieſe Herren gaben ſich mit der chymiſchen Unterſuchung dieſes Minerals viel Mühe, und glaubten in demſelben etwas Schwefel, wie auch ein alkaliſches Salz, gefunden zu haben. [e]) Darauf macheten ſie ſich an die Unterſuchung der verſchiedenen Eigenſchaften deſſelben, beſonders derer, welche bis dahin noch ſtreitig geweſen waren.

Verſchiedene Beobachtungen.

Lemery [f]) und **Marſigli** ſelbſt hatten behauptet, daß der Bononiſche Stein das gerade auffallende Sonnenlicht nicht ſo ſtark, als das durch Zurückwerfung darauf geleitete in ſich zöge; allein die in der Folge von ihnen gemacheten Verſuche belehreten ſie des Gegentheils, und Marſigli nahm ſeine Meynung öffentlich zurück. [g]) Mit dem Lichte einer Kerze konnten ſie ihn zum Leuchten bringen, aber nicht mit dem Mondenlichte, oder demjenigen, was ein anderer Phosphorus von ſich gab. [h]) Auch bemerketen ſie, daß, wenn ein Theil eines ſolchen Phosphorus erleuchtet war, das Licht ſich dem andern Theile nicht mittheilete. [i]) Sie fanden, daß es bey einigen ihrer beſten Stücke hinlänglich war, ſie eine Secunde ins Licht zu halten, um ſie leuchten zu machen, wiewohl ſie es lange nicht ſo ſtark thaten, als wenn ſie zwo Secunden lang dem Lichte ausgeſetzt geweſen waren, in welcher Zeit ſie alles mögliche Licht erhielten. Nach vier Minuten nahm das Licht beträchtlich ab, einige aber blieben über dreißig Minuten ſichtbar. [k]) Der geringſte Grad von Licht, der ihre Phosphoros zum Leuchten bringen konnte, war der, bey welchem ſich noch die kleinſte Schrift leſen lies. Ueberhaupt ſchien der erleuchtete Phosphorus roth, war aber das Licht ſchwach, als wenn man es durch einige Blätter weißes Papiers hatte gehen laſſen, ſo hatte er einen blaßrothen Glanz. [l]) Endlich fanden ſie auch, daß ſolche

c) Ars magna, p. 18.
d) Comm. Bonon. vol. 6. p. 189.
e) Ibid. p. 186.
f) Mem. de l'Acad de Par. 1730. p. 757.
g) Comm. Bonon. vol. 6. p. 188.
h) Ibid. p. 190.
i) Ibid. p. 191.
k) Ibid. p. 191.
l) Ibid. p. 193.

che Steine, welche ſie oft gebraucht hatten, das Licht mehr als andere, oder als ſie ſelbſt zu Anfange, in ſich zogen.

Dies war es, was durch die vereinigten Bemühungen dieſer Naturforſcher herausgebracht ward. In der Folge, und zwar um 1728, nahmen **Galeatius** und **Zanottus**, Secretair des Inſtituts von Bologna, dieſe Materie wieder vor. Sie fanden, daß unter einem luftleeren Recipienten der Phosphorus etwas weniger Licht in ſich zog, und es nicht ſo lange behielt, wovon die Urſache an dem Glaſe liegen mochte, wiewohl ſie nicht darauf fielen. Zugleich bedachte Zanottus, daß dieſer Phosphorus vielleicht dienen könnte, den Streit zu entſcheiden, der damals zwiſchen den Carteſianern und Newtonianern über die Natur des Lichtes ſehr lebhaft geführet ward; wie auch die Frage zu beantworten, ob das Licht des Phosphorus fremdes von ihm eingeſogenes, oder ſein eigenes wäre, welches durch das fremde Licht nur in Wirkſamkeit geſetzet worden. Sie hielten alſo, im Beyſeyn des **Algarotti**, eines großen Anhängers Newtons, einige ihrer beſten Stücke Phosphorus in verſchiedentlich gefärbtes Licht, welches durch ein Prisma in einem verfinſterten Zimmer hervorgebracht war; allein ob ſie gleich einige ſehr gute Prismen aus England bekommen hatten, ſo konnten ſie doch keinen irgends merklichen Unterſchied wahrnehmen, von welcher Farbe auch das Licht geweſen war, in welches ſie den Phosphorus gehalten hatten. Die Erleuchtung war auf dieſe Art immer ſchwach. Sie betrachteten auch den leuchtenden Phosphorus durch ein Prisma, konnten aber keinen Unterſchied der Farbe daran wahrnehmen. Es war, als wenn ſie durch ein Prisma auf ſchwach glühende Kohlen ſähen.[m])

Verſuche, die Frage von der Natur des Lichtes dadurch zu entſcheiden.

Ueberhaupt machet Zanottus, der die Nachricht aufgeſetzet hat, den Schluß, daß beyde Hypotheſen ſich mit den Verſuchen vertragen. Aber daß der Phosphorus durch ſein eigenthümliches Licht glänze, welches durch das von außen auffallende belebet worden, hält er daher für ausgemachet, weil der Phosphorus bloß leuchtet, ohne die Farbe des Lichtes, in welches er gehalten worden, anzunehmen. Allein es hat neulich der Pater **Beccaria** aus Turin beobachtet, daß Stücke künſtlichen Phosphorus, die den Bononiſchen calcinirten Stein weit übertrafen, wenn ſie in Röhren eingeſchloſſen wurden, in welche das Licht durch gefärbtes Glas fiel, keine als eben dieſe Farbe zeigten. Auf dieſe Art wird auch der Phosphorus von jeder beſondern Gattung Lichtes weit ſtärker erleuchtet, als es in dem prismatiſchen Sonnenbilde möglich war. Dieſes ſcheint demnach die Meynung, daß der Phosphorus eben daſſelbe Licht, welches er empfängt, und kein anderes, von ſich gebe, außer Streit zu ſetzen; folglich auch zu beweiſen, daß das Licht wirklich aus körperlichen Theilen beſtehe, weil es eingeſogen, angehalten und wieder zurück gegeben werden kann: und ich zweifle nicht, daß Zanottus, wenn er noch lebet, ſeine Behauptung zurücknehmen werde.

Künſtlicher Phosphorus nimmt die Farbe des auffallenden Lichtes an.

m) Comm. Bonon. vol. 6. p. 205.

Andere Substanzen, welche das Licht in sich ziehen, als Helmonts Kieſel,

Zufälliger Weiſe ward es gleichfalls entdeckt, daß noch andere Subſtanzen außer dem Bononiſchen Steine die Eigenſchaft beſitzen, das Licht in ſich zu ziehen, und wieder von ſich zu geben. Von Helmont behauptete ſchon, daß er einen Kieſelſtein beſäße, der ſo zubereitet wäre, daß er, nachdem er im Lichte gelegen, im Finſtern leuchtete. Aber, entweder weil man ſeinem Vorgeben nicht Glauben beymaß, oder was ſonſt die Urſache war, man achtete der Sache weiter nicht. End-

der Balduiniſche Phosphorus,

lich aber, kurz vor dem Jahre 1677, fand Chriſtoph Adolph Balduin, Amtmann an einem gewiſſen Orte in Meiſſen, wie er bey ſeinen Verſuchen, den Stein der Weiſen zu finden, etwas Kreide in Scheidewaſſer auflöſete, daß das Zurückgebliebene, nach der Deſtillation, gleich dem berühmten Bononiſchen Phosphorus, das Licht in ſich zöge, und im Dunkeln wieder von ſich gäbe.[n]) Dieſe Entdeckung war den Liebhabern deſto angenehmer, weil es ſcheint, daß die beſte Art, den Bononiſchen Stein zuzubereiten, bis dahin in der Zagoniſchen Familie war geheim gehalten worden, die ganz ausgeſtorben war, ohne daß Jemand aus derſelben das Geheimniß entdecket hatte. Dieſer Balduiniſche Phosphorus war aber lange nicht ſo gut, als der Bononiſche. Er leuchtete nicht ſo helle, auch nicht ſo lange, und bekam die verlohrne Kraft zu leuchten nie wieder.[o]) Ob das, was hernach unter dem Namen des Balduiniſchen Phosphorus herumgegangen iſt, der wahre Phosphorus des Erfinders war, iſt nicht gewiß.

und ein Mineral aus der Schweitz.

Außer dieſem Balduiniſchen Phosphorus fand ſich dieſelbe Eigenſchaft auch noch an einem kalkartigen Körper, der in der Nachbarſchaft von Bern ausgegraben war, und wovon Hr. Bourguet eine Probe nebſt einer Abhandlung darüber an die Akademie zu Paris ſandte. Man trug die Unterſuchung dieſes Materials dem wegen ſeiner Entdeckung in der Electricität ſo berühmten Du Fay auf, deſſen Abhandlung darüber man in dem Jahrgange von 1724. findet.

Solche Körper, die ſich in Kalk verwandeln laſſen.

Man fand weiter keine dieſen erſtgedachten ähnliche Phosphoros bis zum Jahre 1730, da Du Fay eben dieſe Eigenſchaft an allen Körpern entdeckte, welche entweder durchs Feuer allein, oder nachdem ſie vorher in der Salpeterſäure aufgelöſet waren, in Kalk ſich verwandeln ließen.[p]) Er kam auf dieſe Entdeckungen, wie er, in andern Abſichten, mit einigen Edelgeſteinen Verſuche anſtellte. Da bemerkte er, daß der gemeine Topas, durch die Calcinirung, alle Eigenſchaften des Bononiſchen Phosphorus bekam; und darauf fand er ſie auch in hohem Grade an Belemniten, Gyps, Kalkſtein und Marmor.[q]) Einige ſehr harte Körper dieſer Art mußte er vorher in Säuren auflöſen, ehe ſie durch die Calcination phosphoreſciren wollten; und mit einigen andern Arten wollte es ihm ſelbſt auf dieſe Art nicht gelingen, insbeſondere mit Kieſel, Flußſand, Jaſpis, Achat und Bergkryſtall.[r])

Eben

n) Miſcell. Berol. vol. I. p. 91.

o) Mem. de l'Acad. de Par. 1693. p. 271. (Mem. de l'Acad. de Paris, 1730. p. 750.)

p) Beccarii Commentarii (de Phosphoris, Graecii 1768) p. 10.

q) Hr Marggraf verſichert ausdrücklich im § 13. ſeiner erſten Abhandlung (M. de Berlin, 1749) daß er weder im Kalkſteine, noch Gyps und Marmor, irgend ein Leuchten habe hervor bringen können. R.

r) Mem. de l'Acad. de Par. 1730. p. 754.

Diamanten.

Eben dieſer Naturforſcher entdeckte im Jahre 1734. noch, daß einige Diamanten, ein Smaragd und manche andere Edelgeſteine dieſe Eigenſchaft, ohne irgend eine chymiſche Präparation, beſaßen.[s]) Doch konnte er keine Regel finden, die Diamanten, welche dieſe Eigenſchaft an ſich hatten, und die, welche ſie nicht hatten, von einander zu unterſcheiden. Unter andern Verſuchen fand er, daß beyde Gattungen, nachdem ſie ſtark erhitzt worden waren, unverändert blieben.[t]) Wie Du Fay dieſe Eigenſchaft an den Diamanten entdeckte, wollte er erforſchen, ob ſie durch die Erhitzung leuchtend gemachet würden, und legte ſie, bloß in der Abſicht ſie zu erwärmen, in die Sonne. Bey dieſer Gelegenheit konnte er nicht umhin, ſeine Verwunderung zu bezeigen, daß Boyle und andere unter den mancherley Arten, Diamanten zu erhitzen, nicht auf dieſe von ihm gebrauchte gefallen wären, wodurch ſie ohne Zweifel auf die Eigenſchaft des Einſchluckens des Lichts würden geführet worden ſeyn.

Dauer der leuchtenden Kraft.

Du Fay bemerkte auch, daß alle dieſe Phosphori ihre Kraft verlohren, wenn ſie lange Zeit dem freyen Tageslichte ausgeſetzt blieben; daß aber auch einige ihre Schönheit ziemlich lange behielten, wenn ſie gleich in Waſſer getaucht waren; ferner, daß einige, plötzlich ins Waſſer getauchet, einen beſonders ſtarken Glanz bekamen, während daß ſie im Waſſer aufgelöſet und dadurch erhitzet wurden, wiewohl dieſes nur ſehr kurze Zeit dauerte. [u]) Auch beobachtete er, daß einige ſeiner Diamanten ihren Glanz behielten, nachdem er ſie ſechs Stunden in ſchwarzem Wachſe eingewickelt gehabt hatte. [v]) Die Urſache des unter dieſen Umſtänden entſtandenen Glanzes, welchen Du Fay nicht zu erklären wußte, ſoll gegen das Ende dieſes Abſchnittes angegeben werden. Außer dem gemeinen Waſſer verſuchte er auch, was ſonſt für Flüßigkeiten dieſen Phosphoris die Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen, benehmen könnten, brachte aber ſeine Verſuche darüber nicht zu Ende.

Beccarius entdecket phosphoreſcirende Diamanten.

Daß einige Diamanten die Eigenſchaft des Bononiſchen Steins beſitzen, ward auch vom Beccarius, zu gleicher Zeit faſt mit Du Fay, entdecket. Eine Wöchnerinn, die er beſuchte, und deren Zimmer ziemlich dunkel war, bemerkte, daß der Diamant, den er in einem Ringe am Finger trug, ungewöhnlich ſtark glänzte. Dieſes gab ihm Anlaß, denſelben genau zu unterſuchen, worauf er fand, daß er wirklich die Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen und wieder von ſich zu geben, hatte. Er ertheilte davon der Akademie des Inſtituts zu Bologna Nachricht im November 1734. [w])

Sucht die phosphoreſcirenden Körper auf.

Da Beccarius ſolchergeſtalt zufälliger Weiſe gefunden hatte, daß dieſer Diamant ein wahrer natürlicher Phosphorus war, ſo machete er ſich mit Fleiß an die Unterſuchung aller Arten von Körper, und erfand zu dem Ende ein tragbares Cabinet, in welchem er ſich ſelbſt völlig im Dunkeln halten, und ohne Zeitverluſt jeden

s) Beccarii Comment. p. 12.

t) Hiſt. de l'Acad. de Paris. 1735. p. 3.

u) Ibid. 1730. p. 70.

v) Hiſt. de l'Ac. de Paris. 1735. p. 4. (de la cire molle et noire, dont on ſe ſert pour tirer l'empreinte des gravures.)

w) Comm. Bonon. vol. 2. p. 276.

Körper, nachdem er ihn den Sonnenstrahlen ausgesetzet hatte, sogleich betrachten konnte. Auf solche Art fand er, daß fast jede Sache in der Natur mehr oder weniger Licht in sich zieht, und wieder von sich giebt. Sehr mühsam vertheilte er die natürlichen Körper in Klassen, nachdem sie mit oder ohne Vorbereitung phosphoresciren.

Fast alle Substanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche hatten, nachdem sie vollkommen getrocknet waren, diese Eigenschaft, und Papier in einem sehr hohen Grade. *)

Seine fernern Beobachtungen.

Zu den merkwürdigern Beobachtungen des **Beccarius**, die er in der Folge mit noch mehrerer Sorgfalt als zum erstenmale machete, die er auch in einer zwoten Sammlung, einige Jahre nach der Erscheinung seiner ersten Schrift von dieser Materie, herausgab, gehören folgende. In seinen ersten Versuchen ward das Gelbe vom Ey, nachdem es vollkommen trocken geworden, sehr leicht ein Phosphorus, das Weiße vom Ey aber gar nicht. *y*) Dieser Umstand hatte ihn sehr in Verlegenheit gesetzet, wiewohl es doch scheint, daß er in der Folge, nach erhaltener größerer Fertigkeit im Beobachten, gefunden haben muß, daß es etwas weniges Licht in sich ziehe, weil er es in seinen letzten Ausnahmen nicht mit anführet. Alle Arten von Erde, selbst die schwarze und rothe, damit es zuerst ihm nicht glücken wollte, nicht ausgenommen, waren phosphoresciend. *z*) Unter hundert Achaten ward keiner, ausgenommen ein einziger, und dazu sehr schwarzer, gefunden, der nicht in gewissem Grade ein natürlicher Phosphorus war. Dieser aber wollte, selbst von einem Brennspiegel, kein Licht in sich ziehen. *a*) Metallen und Wasser konnte er nicht den geringsten Grad vom Lichte mittheilen, *b*) ein Umstand, der erwogen zu werden verdienet, weil diese Körper beyde die Eigenschaft haben, elektrische Leiter zu seyn. Ich habe auch gefunden, daß Achate keine schlechte Leiter sind, und bin geneigt zu glauben, daß diejenigen Holzkohlen, welche gute elektrische Leiter sind, das Licht nicht würden eingesogen haben, obgleich Beccarius von keinem Versuche mit Holzkohlen etwas erwähnet. Er fand überdem, daß sehr wenig Erze phosphoresciend gemachet werden konnten; Vitriole auch nicht, als nur in dem allergeringsten Grade. *c*) An Oelen fand er zwar diese Eigenschaft, doch nur schwach; *d*) wobey aber zu bemerken ist, daß sie sehr unvollkommene Elektricitäts-Leiter abgeben. Die Haut verschiedener lebendiger Thiere hielten das Licht ganz offenbar an sich, seine eigene Finger bisweilen. *e*) Bey einer sehr kalten Witterung glänzte seine Hand ungewöhnlich stark. *f*)

Als er seine Gedanken, wie es auch **Du Fay** vor ihm gethan hatte, auf die Untersuchung der Umstände richtete, welche dem Phosphoresciren entgegen sind, fand er, daß, obgleich Wasser keinen Glanz einsaugen wollte, dennoch Eis, und besonders

x) Philos. Transf. abr. vol. 10. pag. 557. Beccarii Comment. p. 44.
y) Beccarii Comment. p. 52.
z) Ibid. p. 91.
a) Ibid. p. 95.
b) Ibid. p 96.
c) Ibid. p. 98.
d) Ibid. p. 104.
e) Ibid. p. 108.
f) Ibid. p. 110.

ders Schnee, es außerordentlich ſtark that. g) Er machete drey Kuchen von Thon, deren einen er ziemlich hart backte, den zweeten feucht erhielt, und den dritten frieren lies, worauf er fand, daß der erſte und letzte, beſonders aber der erſte, das Licht in großer Maaße, der mittelſte aber ſehr kärglich, in ſich zog. h)

Marggrafs Unterſuchungen.

Aus der Unterſuchung des Bononiſchen Steines, welche man dem vortrefflichen Chymiſten, **Marggraf**, zu danken hat, erhellet, daß bey der Calcinirung deſſelben, ſo wohl die Berührung der brennenden Materie, als der freye Zugang der Luft nothwendig ſind, i) wiewohl bey der Zubereitung des künſtlichen Phosphorus, wie ihn Herr **Canton** machet, es auf die Beobachtung dieſer Umſtände nicht anzukommen ſcheint. Hr. Marggraf giebt ein Verzeichniß aller Körper, die er in Deutſchland finden konnte, welche durch die Calcination die Eigenſchaft des Bononiſchen Steines bekommen; und ſchließt aus der mit ihnen vorgenommenen Analyſis, daß ſie alle eine Vitriolſäure, mit einer alkaliſchen oder kalkartigen Erde verbunden, enthalten. k) Man wird ſehen, daß dieſes mit den Gründen, worauf des Hrn. **Cantons** Zubereitung beruhet, ganz gut übereinſtimmet.

Cantons Phosphorus.

Jetzt will ich dem Leſer die Beſchreibung der Methode mittheilen, nach welcher Hr. **Canton** einen künſtlichen Phosphorus machet, der weit ſtärker als jeder natürliche iſt, und dabey den Vortheil hat, daß man ihn leicht und wohlfeil zubereiten kann; daher es jetzt in eines jeden Vermögen ſteht, ſich und ſeine Freunde mit dieſen artigen Verſuchen zu vergnügen. Sein Recept dazu iſt folgendes: Man brenne einige gemeine Auſterſchalen in einem guten Kohlenfeuer während einer halben Stunde zu Kalk, wovon der reinſte Theil zu Pulver geſtoßen und durchgeſiebet werden muß. Zu drey Theilen dieſes Pulvers nehme man einen Theil Schwefelblumen; ſtoße dieſe Miſchung in einen etwa anderthalb Zoll tiefen Schmelztiegel feſte hinein, bis er faſt voll iſt, und ſetze ſie damit mitten ins Feuer, wo ſie wenigſtens eine Stunde lang roth glühend erhalten werden muß. Hierauf nimmt man ſie heraus, um ſie abkühlen zu laſſen, und wenn ſie kalt geworden iſt, ſtößt man ſie aus dem Tiegel heraus, und ſchabet von den Stücken, worinn man ſie zerſchnitten oder zerbrochen hat, die glänzendſten Theile ab, welche, wenn der Phosphorus gut iſt, ein weißes Pulver geben werden, das ſich aufbewahren läßt, wenn man es in eine trockne Phiole mit einem geſchliffenen Stöpſel thut. l)

Ein

g) Comm. Bonon. vol. 5. p. 106.

h) Ibid. p. 107.

i) Mem. de l'Ac. de Berlin. 1749. p. 56.

k) Ibid. 1750. p. 145. (Es hätte noch angeführet werden müſſen, daß Hr. Marggraf im Bononiſchen Steine und in allen Erdarten, die mit ihm gleiche Erſcheinung hervor bringen, faſt ½ einer Thonerde entdeckte. Daß hergegen bloße Kalkerde, mit Vitriolſäuren verbunden, als das reine durchſichtige Frauenceiß u. a. ein viel ſchwächeres, ganz weißes, dem Mondlichte ähnliches Licht gebe. C.)

l) Die Urſache, warum der Cantoniſche Phosphorus (welcher nichts als eine kalkartige Schwefelleber iſt) beſſer leuchtet, als der mit bloßer Vitrolſäure verfertigte, iſt unſtreitig in dem mehrern brennbaren Weſen, das bey dem Schwefel iſt, zu ſuchen. Hr. Canton hätte billig, ſo wie Hr. Marggraf, anführen ſollen, ob das Licht, welches ſein Phosphorus giebt, ein weißes oder röthliches Licht ſey. C.)

Güte deſſelben. Ein wenig von dieſem Phosphorus giebt, wenn er eben in ein dunkles Zimmer gebracht wird, nachdem er vorher ein Paar Secunden außen vor einem Fenſter in das gewöhnliche Tageslicht gehalten iſt, ſo vielen Schein, daß man dabey die Zeit auf einer Uhr erkennen kann, woferne man die Augen vorher zwo oder drey Minuten zugeſchloſſen gehabt, oder im Dunkeln geweſen iſt.

Vermittelſt dieſes Phoſphorus kann man die Himmelskörper, als den Saturn mit ſeinem Ringe, die Mondsphaſen, u. dgl. ſehr wohl darſtellen, wenn man die Figuren derſelben in Holz ausſchneidet, ſie mit Eyweiß beſtreicht, und darauf mit Phoſphorus überlegt. Und dieſe Figuren werden zu Nacht, durch den Blitz von einem nahen Schlage einer elektriſirten Flaſche, eben ſo ſtark erleuchtend gemachet, als durch das Tageslicht.[m])

Verſuche damit. Mit dieſem Phosphorus machete Hr. **Canton** viele merkwürdige Verſuche, die viel zur Erklärung dieſer beſondern Eigenſchaft der Körper beytragen. Durch einige derſelben wird **Lemerys** Behauptung, daß der Phosphorus, wenn er dem Sonnenlichte lange ausgeſetzet bleibt, entkräftet werde, umgeſtoßen. Denn er that von demſelben Phosphorus in zwo Glaskugeln, verſchloß ſie hermetiſch, und ſtellete die eine außen vor ein nach Süden gelegenes Fenſter, daß ſie den Sonnenſtrahlen recht ſtark ausgeſetzet ſeyn möchte, und lies ſie daſelbſt vom 25ſten December 1764 bis zum 25ſten December 1765. Die andere Kugel verwahrete er eben ſo lange an einem dunkeln Orte. Nachher trug er beyde ins Licht, darauf in ein dunkles Zimmer, wo der Phosphorus in beyden gleich helle ſchien.[n]) Hr. **Canton** glaubt alſo, daß, was **Lemery** dem Sonnenlichte zugeſchrieben, durch die Feuchtigkeit der Luft veranlaſſet ſey.[o]) Doch wird aus einigen, in der Folge anzuführenden Verſuchen des **Beccarius** erhellen, daß einige empfindlichere Gattungen vom Phosphorus durch die Sonnenſtralen wirklich Schaden gelitten haben, ohne daß man es andern Umſtänden Schuld geben könnte.

Verträgt keine Feuchtigkeit. Feuchtigkeit vertrug dieſer Phosphorus nicht. Da etwas von demſelben in eine Glaskugel mit ſo viel Waſſer gethan ward, daß es ſich dadurch an die innere Fläche derſelben anhieng, und hierauf die Kugel hermetiſch zugeſiegelt ward: ſo fand ſich, daß er ſeine Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen, und wieder von ſich zu geben, allmählig verlohr; im Sommer aber doch geſchwinder als im Winter, ſo daß man nach dem Ende des erſten Jahres nicht den geringſten Schein daran wahrnehmen konnte, wenn man ihn ſelbſt aus dem ſtärkſten Tageslichte in ein verfinſtertes Zimmer brachte. Auch die weiße Farbe deſſelben verlohr ſich allmählig, und verwandelte ſich in eine ſehr ſchwarze, beſonders auf der Seite nach dem Glaſe zu. Etwas von dieſem Phosphorus, den man mit gemeinem Weingeiſt an die inwendige Fläche einer hermetiſch verſiegelten Glaskugel ankleben gemachet hatte, fand man nach

m) Philoſ. tranſ. vol. 58. p. 337.

n) Philoſ. tranſ. vol. 58. p. 338.

o) Die Urſache, warum dieſer Phosphorus ſeine Eigenſchaften zu leuchten nicht verlohr, liegt nicht bloß in der Abhaltung der Feuchtigkeit, ſondern weil, wegen des verhinderten Zutrittes der Luft, das brennbare Weſen nicht ſo leicht verdunſten konnte. C.

nach Verlauf eines Jahres, ein wenig geſchwächet; aber denjenigen, den man mit Aethergeiſte ankleben gemachet hatte, fand man ganz unverändert. p)

Die Berührung des Weingeiſtes that dem Phosphorus mehr Schaden, als des Aethers. Denn da er ein wenig Phosphorus mit viel Weingeiſt vermiſcht in eine Glaskugel, und mit Aether in eine andere gethan, und beyde hermetiſch zugeſiegelt hatte; ſo ſahen beyde Flüßigkeiten, wenn die Glaskugeln geſchüttelt wurden, wie Milch aus: doch ſetzte ſich der Phosphorus, wenn man mit der Bewegung aufhörte, bald zu Grunde, und der Weingeiſt ſo wohl als der Aether wurden wieder klar. Nach einigen Monathen hatte ſich der Weingeiſt gelb gefärbet, der Aether aber blieb unverändert bis zum December 1768, da dieſe Nachricht der königlichen Geſellſchaft vorgeleſen ward. Wurden die Kugeln dem Lichte ausgeſetzet und dabey geſchüttelt, ſo leuchtete die Flüßigkeit in jeder, nachdem man ſie ins Dunkle gebracht hatte, und zwar der Aether eben ſo ſtark, als zu allererſt, der Weingeiſt aber etwas weniger. q)

Was die Hitze bey den Phosphoris thue.

Daß die **Hitze** das Ausfahren des Lichtes, welches dieſe Phosphori vorher in ſich gezogen haben, befördert, iſt ein ſtarker und offenbarer Beweis für die Körperlichkeit des Lichtes. Dieſes hat man ſchon ſehr frühe einigermaßen beobachtet, vollſtändig aber erſt lange nachher.

Menzel, der gleich nach der Entdeckung des Balduiniſchen Phosphorus ſchrieb, verglich ihn mit dem Bononiſchen, und behauptete, daß er die Eigenſchaft hätte, bloß durch die Hitze leuchtend zu werden; auch beobachtete **Du Fay**, wie oben erzählet iſt, daß ſein Diamant noch leuchtete, nachdem er lange Zeit in ſchwarzem Wachſe eingehüllet geweſen war, ein Ereigniß, das ohne Zweifel ebenfalls hieher gehöret; den Grund der Sache entdeckten aber **Beccarius**, **Marggraf** und **Canton**, ohne von einander zu wiſſen.

nach den Verſuchen des Beccarius.

Beccarius, der ſich ſo wie **Du Fay** bemühete, das Licht in ſeinem phosphorescirenden Diamant gefangen zu halten, bemerkte zufälliger Weiſe, daß das darinn eine beträchtliche Zeit unwirkſam gehaltene Licht durch die Hitze herausgetrieben würde, beſonders wenn der Stein vorher ſehr erkältet geworden war. Er ließ einen erleuchteten Diamant zween Tage in kaltem Waſſer liegen, und fand, wie er ihn darauf in den Mund nahm, daß er dadurch wieder eben ſo gut glänzte, als damals, wie er ins Waſſer geleget ward. Gleich darauf tauchte er ihn wieder ins Waſſer, und ſein Licht erloſch; es kehrte wieder, da er noch einmal den Stein in den Mund nahm und ihn erwärmte. Dieſen Verſuch wiederhohlte er ſo lange, bis kein Licht wieder entſtehen wollte, ſo ſehr er auch den Diamant erhitzen mochte. Zuerſt glaubte Beccarius mit Menzeln, daß dieſes Licht durch die Hitze hervorgebracht würde. Weil er aber durch mehrere Proben fand, daß, ohne den Phosphorus vorher

p) Philoſ. tranſ. vol. 58. p. 339. (Die Urſache aller hier angeführten Umſtände rühret von der verminderten oder vermehrten Ausſonderung des brennbaren Weſens her: das Waſſer beſonders verurſachet das letztere, wie man an Glaſers Polychreſtſalze ſieht, welches aufgelöſet mit der Zeit ein völliger vitrioliſirter Weinſtein wird. C.)

q) Phil. tranſ. l. c.

her ins Licht gehalten zu haben, die Hitze keine Wirkung that, und daß durch die Hitze die Phosphori eher zu glänzen aufhörten, als sie sonst würden gethan haben, so gab er diese Meynung auf. Unter andern entscheidenden Versuchen, die dies bekräftigten, füllte er eine Glasröhre mit gestoßenem Bononischen Phosphorus, setzte sie dem Lichte aus, hielt sie darauf zur Hälfte in warmes Wasser, und beobachtete, daß diese Hälfte stärker glänzte, als der Theil, der in freyer Luft war; wogegen aber dieser letztere noch lange Zeit seinen Glanz behielt, nachdem der ins Wasser getauchte Theil ihn schon lange verlohren hatte. r)

nach Marggrafs Versuchen.

Hr. **Marggraf** machete dieselbe Beobachtung, verfiel aber dabey in denselben Irrthum mit Beccarius, daß er glaubte, durch Hitze könnte der Phosphorus leuchtend gemachet werden. s) Doch verbesserte er seinen Fehler in einem spätern Aufsatze, t) weil er bemerkte, daß der Phosphorus nicht zum Leuchten konnte gebracht werden, ungeachtet er ihn auf einen heißen Ofen geleget hatte, wofern er nicht zween oder drey Tage vorher ins Licht gebracht worden war. Ueberhaupt hält er es für wahrscheinlich, daß das Licht durch die Attraction in den Phosphorus hineinkomme, und durch die Hitze wieder herausgetrieben werde: denn er bemerkte auch, daß das Licht desselben, wenn er lange auf dem Ofen gelassen wird, sich am Ende gänzlich verliert.

nach Cantons Versuchen.

Hr. **Canton** scheint von Beccarius und Marggrafs Beobachtungen nichts gewußt zu haben, da er dieselbe Entdeckung mit ihnen machete. Seine ist zwar später gemachet; aber weil seine Versuche umständlicher, und mit einer bessern Art von Phosphorus angestellet sind, und uns auch einen deutlichern Begriff von der Stärke dieser Kraft an demselben, und von einigen andern dahin gehörigen Umständen geben, so will ich sie hier etwas ausführlich vortragen. Sie wurden mit dem vortrefflichen künstlichen Phosphorus angestellet, dessen Zubereitung vorher beschrieben ist. Aus vielen Versuchen fand er, daß dieses Material, wenn es das Licht in sich gezogen, und alles, was es in dem gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre konnte, wieder von sich gegeben hatte, noch mehr Licht von sich gäbe, wenn man es auf irgend eine Art erhitzte; daß es aber bey demselben fortdaurenden Grade der Hitze nur eine gewisse Zeitlang zu glänzen im Stande wäre. Daraus folgert er, daß das Licht und die Theilchen der natürlichen Körper sich sehr stark einander anziehen, und daß die starken, von der Hitze ihnen mitgetheilten, Schwingungen sie gleichsam nöthigen, sich einander loß zu lassen. Daß das Licht, welches dieser Phosphorus giebt, wenn er bis zu einem gewissen Grade erhitzet wird, von fremden aufgenommenen Theilchen, die er wieder fortstößt, und nicht von seinen eigenen herrühren, folgert er daher, weil das Licht abnimmt und gänzlich aufhöret, noch ehe der Phosphorus heiß genug wird, von selbst zu scheinen, oder Lichttheilchen aus seinem eigenen Körper zu senden.

Er hielt seinen Phosphorus, den er trocken in eine hermetisch versiegelte Glaskugel gethan hatte, gegen das Tageslicht, außen vor einem nach Norden gelegenen Fenster,

r) Comm. Bonon. vol. 2. p. 284. s) Mem. de l'Ac. de Berlin. 1749. p. 70. t) Ibid. 1750. p. 160.

Fenſter, etwa eine halbe Minute lang; verwahrete ihn im Dunkeln drittehalb Tage, worauf er leuchtete, wie man die Kugel, in welcher er befindlich war, in ein Gefäß mit kochendem Waſſer tauchte. Den folgenden Morgen ward er wieder gegen das Licht gehalten, und gab, nachdem er fünftehalb Tage im Dunkeln aufbewahret war, und darauf in kochendes Waſſer gebracht ward, zwar Licht von ſich, aber nicht ſo viel wie vorher. Im Sommer fand er, daß die Hitze des kochenden Waſſers den Phosphorus nach funfzehen Tagen nicht mehr zum Leuchten bringen konnte, dagegen im Winter noch nach einem Monathe ſich etwas Licht zeigte.

Stücken Phosphorus wurden, in zwo ſolche Glaskugeln gethan, zu gleicher Zeit, auf denſelben Grad erleuchtet, und darauf in ein dunkles Zimmer gebracht, wo eine von den Kugeln ſogleich in kochendes Waſſer gethan wurde. Der in demſelben enthaltene Phosphorus ward dadurch viel heller, als der in der andern Kugel, und blieb es eine kurze Zeit, verlohr aber ſein Licht ſo geſchwinde, daß er in weniger als zehn Minuten ganz dunkel ward. Der andere Phosphorus behielt dagegen ein ziemlich ſtarkes Licht, und blieb länger, als zwo Stunden nachher, noch ſichtbar, und alsdenn noch konnte man bloß durch die Wärme der Hand ſein Licht merklich vermehren.

Der Bononiſche Phosphorus ſoll, nach **Lemery** und **Muſſchenbroek**, weniger Licht in ſich ziehen, wenn er heiß, als wenn er kalt iſt, weil er alsdenn in ein finſteres Zimmer gebracht, nicht ſo helle ſcheint. Unſer Verfaſſer bemerket aber, daß dieſe Erſcheinung daher rühren könne, daß er in dem erſtern Zuſtande das eingeſogene Licht geſchwinder fahren läßt, als in dem andern, zufolge des gleich vorher angeführten Verſuches. Denn er müſſe während der Zeit, daß er von dem Orte, wo er das Licht in ſich gezogen, an einen zur Beobachtung hinlänglich dunkeln Ort gebracht wird, mehr Licht verlieren, wenn er heiß, als wenn er kalt iſt. Dieſes ſey auch vermuthlich die Urſache, warum der Bononiſche Phosphorus niemals ſo helle ſcheine, wenn er von den gerade auffallenden Strahlen der Sonne erleuchtet, und folglich erwärmet wird, als wenn er blos in einem ſchattichten offenen Orte dem gewöhnlichen Tageslichte ausgeſetzt geweſen iſt. Ich möchte noch hinzu fügen, daß eben deswegen, weil der Phosphorus durch die Hitze vermocht wird, das eingeſogene Licht wieder herauszujagen, er dadurch unfähiger gemachet wird, es in ſich zu ziehen; daß er alſo unter dieſen Umſtänden wirklich weniger Licht einnimmt, wie es ſich ohne Zweifel beſtätigen würde, wenn der Kopf des Beobachters verhüllet, und ihm der Phosphorus, ſogleich wie er aus dem Lichte weggenommen wäre, vorgehalten würde.

Ob der Bonon. Phosphor. heiß oder kalt mehr Licht in ſich ziehe.

Die beyden zu dem letzten Verſuche gebrauchten Kugeln wurden zween Tage lang nachher im Dunkeln aufbewahret, und darauf jede, in einem verfinſterten Zimmer, zugleich in kochendes Waſſer gehalten; worauf der Phosphorus, der das erſtemal ſein Licht in dem kochenden Waſſer verlohren hatte, nicht mehr ſichtbar war. Dagegen der andere noch eine ziemliche Zeit leuchtend blieb.

Noch einige hieher gehörige Verſuche.

Wenn ein Phosphorus von dem in ſich gezogenen Lichte ſo viel verlohren hatte, als durch die Hitze des kochenden Waſſers herausgetrieben werden konnte, ſo hat er, wie Hr. **Canton** gefunden, nachher niemals wieder Licht bey dieſem Grade der Hitze von ſich geben wollen. Ward er aber wieder in das gewöhnliche Tageslicht gehal-

ten, ſo lies ſich der Verſuch, mit eben dem Erfolge wie vorher, wiederhohlen. Dieſes hat unſer Verfaſſer mit einigen trockenen Phosphoris, die in gläſernen zugeſchmolzenen Kugeln verwahret waren, öfters gethan, ohne daß es ihnen im geringſten geſchadet hatte.

Man mache das eine Ende einer eiſernen etwa einen Zoll im Quadrate dicken Stange, oder auch ein Schüreiſen, glühend heiß, lege ſie in einem verfinſterten Zimmer horizontal hin, und laſſe ſie abkühlen, ſo lange, bis ſie zu ſcheinen aufhöret, oder kaum mehr ſichtbar iſt. Alsdenn bringe man ein wenig trocknen Phosphorus, welcher in einer zugeſchmolzenen Kugel dem Lichte ausgeſetzet geweſen iſt, ſo nahe an das heiße Eiſen als möglich, indem man die Kugel es berühren läßt; ſo wird der Phosphorus, wie er ſaget, wenn er auch gleich vorher nicht ſichtbar war, doch in wenig Secunden zu leuchten anfangen, und ſein Licht ſo geſchwinde von ſich geben, daß er in weniger als einer Minute Zeit völlig erſchöpfet iſt, und durch dieſes Verfahren nicht wieder zum Leuchten gebracht werden kann, wenn er nicht erſt wieder dem Lichte ausgeſetzet worden iſt. Auch wird durch dieſe Hitze Licht, welches der Phosphorus von einer Lichtflamme, oder ſelbſt vom Monde, erhalten hat, einige Tage nachher noch ſichtbar ſeyn; und wenn er durch die Hitze des kochenden Waſſers nicht mehr zum Leuchten gebracht werden konnte, ſo brachte ihn die Hitze des heißen Eiſens dazu. Durch dieſe gab auch noch Phosphorus, der länger als ſechs Monathe im Dunkeln bewahret war, eine beträchtliche Menge Licht von ſich. *)

Licht iſt vermuthlich eine wirkliche Subſtanz.

Daß das Licht eine wirkliche Subſtanz iſt, welche aus materiellen Theilchen, die von den leuchtenden Körpern ausfahren, beſteht, ſcheint gleichfalls durch ſolche Verſuche beſtätiget zu werden, aus denen erhellet, daß die **Farbe** und der **innere Bau** einiger Körper dadurch, daß ſie dem Lichte ausgeſetzet werden, verändert wird.

Du Hamels Beobachtung von Veränderung der Farbe durch das Licht.

Die erſte Beobachtung dieſer Art ſcheint vom **Du Hamel** gemachet zu ſeyn, als welcher fand, daß der Saft eines gewiſſen Schalfiſches in der Provence eine ſchöne Purpurfarbe annahm, wenn ſie in das Sonnenlicht gehalten ward, und daß die Farbe deſto lebhafter ward, je ſtärker das Licht war. Stücken Zeuges, die in dieſe Feuchtigkeit getauchet, und in die Sonne geleget waren, wurden roth, wenn man ſie gleich in einem Glaſe eingeſchloſſen hatte; aber ſie wurden in eben dem Lichte nicht roth, wenn ſie mit dem dünneſten metallenen Bleche bedecket waren. Ward die Feuchtigkeit in gläſerne Gefäße, die mit geöltem Papiere bedecket waren, gethan, ſo ward ſie

*) Philoſ. tranſ. vol. 58. p. 340. (Eine Art des Phosphorus hätte noch der Vollſtändigkeit wegen angeführet werden müſſen, nämlich der fixe Salmiak. Wenn man nämlich die Kalkerde in der Salzſäure auflöſet, dieſes Mittelſalz im Feuer eine Art der Schmelzung erleiden läßt; ſo giebt es, (für ſich, oder eiſerne Stangen damit incruſtiret) wenn man ſtark daran ſchlägt, im Dunkeln ein phosphoriſches Licht. Dieſen ſchon lange bekannten Verſuch hat noch neuerlich Hr. Beaume, Chymie experimentale, T. 2. p. 101. wiederhohlet. Hieraus erhellet, daß die Kalkerde in jeder mineraliſchen Säure aufgelöſet, zu leuchten im Stande ſey; mit Vitriolſäure, der Bononiſche Phosphorus; mit Salpeterſäure, der Balduiniſche; mit Salzſäure der fixe Salmiak: und es ſcheint an der Poroſität der Kalkerde zu liegen, daß ſie die Feuertheile in ſich zu ziehen, und eine Zeitlang aufzubewahren im Stande iſt. C.)

ſie gefärbet, beſonders wenn das Papier ſelbſt violet war; ſie blieb ohne Farbe, wenn das Papier trocken gelaſſen war.

Aehnliche des Beccarius.

Nach dieſem beobachtete auch **Beccarius**, daß eine Maſſe Hornſilber, welche in die Sonnenſtrahlen geleget ward, eine violet Farbe annahm, da eine andere ganz gleichartige Maſſe, die mit ſchwarzem Papiere bedecket war, weiß blieb. v)

Genauere von Schulze.

Beccarius ſcheint nicht gewußt zu haben, welches Ingrediens in dieſer Maſſe die Veränderung verurſachete; aber einige Beobachtungen von **J. H. Schulze**, die ich hier anführen will, beweiſen, daß es das Silber geweſen ſeyn muß. Dieſer Gelehrte hatte Scheidewaſſer, worinnen etwas ſehr weniges Silber aufgelöſet war, auf etwas Kreide, den Balduiniſchen Phosphorus zu machen, gegoſſen, und zufälliger Weiſe dieſe Arbeit an einem Fenſter, in welches die Sonne ſtark hinein ſchien, vorgenommen. Zu ſeiner Verwunderung veränderte ſich die Farbe der Oberfläche der Maſſe in eine ins violet fallende dunkelrothe, während daß der im Schatten liegende Theil dieſe Farbe gar nicht annahm. Er brachte hierauf die Maſſe, mit noch mehr Scheidewaſſer angefeuchtet, in ein Glas, ſetzte dieſes in die Sonne, und fand, daß es auf der nach der Sonne gekehrten Seite gleichfalls eine dunkelrothe ins blaue fallende Farbe annahm. Aus verſchiedenen Veränderungen, die er mit dieſem Verſuche vornahm, fand er gleich, daß dieſe Wirkung nicht von der **Hitze**, ſondern vom **Lichte**, entſtand. Denn, wie er einen feinen Faden an dem Glaſe, auf der Seite nach der Sonne, herunter zog, ward die Farbe der von dem Faden bedeckten Stelle gar nicht verändert, ungeachtet das Glas einige Stunden in der ſtärkſten Sonnenhitze geſtanden hatte. Er bedeckte das ganze Glas mit Papier, auf welchem er Buchſtaben ausgeſchnitten hatte, worauf in kurzer Zeit die Schrift, nachdem das Papier weggenommen war, auf dem kreidigten Bodenſatze deutlich zu leſen war. Dieſer war, ſaget er, ein artiger Verſuch, den manche, welche den Kunſtgriff nicht wußten, vergebens zu erklären ſuchten.

Die Urſache dieſer Erſcheinung lag, wie er herausbrachte, weder an dem Scheidewaſſer, noch an der Kreide, ſondern an dem wenigen Silber, das in dem Scheidewaſſer von ungefähr aufgelöſet geweſen war. Denn wie er den ſtärkſten Salpetergeiſt, dergleichen man aus Vitriolöl bereitet, und Scheidewaſſer, ſo wie man es von den Apothekern bekömmt, gebrauchte, erfolgte keine Veränderung der Farbe. Als er aber etwas Silber in dem Scheidewaſſer auflöſete, und die Solution mit Waſſer ſchwächte, und ſie auf die Kreide goß, fiel die Veränderung weit mehr in die Augen, und deſto mehr, je mehr Silber er genommen hatte. Er fand auch, daß ohne Kreide dieſe Solution in einem offenen Gefäße von den Sonnenſtrahlen eine ſchwärzliche Farbe annahm. An ſtatt der Kreide könne man auch, glaubt er, einen andern weißen Körper, als gebranntes Hirſchhorn, Magneſia und dergleichen, brauchen. Es gelung ihm auch mit Bleyweiß, das aber ſeine Unbequemlichkeiten hat. Schlüßlich erinnert er, daß man hiervon vielleicht einen Gebrauch zur Probirung der Erze auf Silber machen könne. w)

v) Comm. Bonon. vol. 4. p. 75.

w) Acta Acad. Caeſar. vol. 1. p. 528. ſeqq.

Versuche mit gefärbtem Bande.

Die Beobachtung des Du Hamel, und die, welche Beccarius selbst von der Veränderung der Farbe an dem Hornsilber gemachet hatte, brachten den letztern, in einer Unterredung, welche er mit einigen Mitgliedern der Bononischen Akademie von der Aufbewahrung der Blumen hatte, auf den Gedanken, ihnen eine Vorsichtsregel, in Absicht auf das Licht bey ihren Versuchen, zu empfehlen. Dem zu folge machete G. Bonzius einige Versuche, welche ziemlich deutlich zu beweisen scheinen, daß manche Farben von dem Lichte, ohne daß Hitze oder sonst etwas sich darinnen mischte, beträchtlich verändert werden. Wie er eine Anzahl verschiedentlich gefärbter Bänder einige Tage lang den Sonnenstrahlen in freyer Luft ausgesetzet gehabt hatte, fand er, daß das rothe, dunkelgrüne und blaue ihren Glanz zum Theil verlohren hatten; daß das violetne so sehr verbleicht war, daß es nicht mehr zu erkennen gewesen wäre, wenn man es nicht vorher bezeichnet gehabt hätte. Das rosenfarbichte war auch fast ganz verschwunden, allein das gelbe und hellgrüne hatten nicht gelitten.

Er brachte Stücken von eben diesen Bändern in einem verfinsterten Zimmer in eine weit größere Hitze, als jene gewesen war; die Farben aber veränderten sich nicht, und verlohren nur etwas von ihrem Glanze. Sie litten auch keine merkliche Veränderung, da man sie eine lange Zeit in einem gegen Norden gelegenen Zimmer hatte liegen lassen, außer daß die Rosenfarbe matter geworden war.

Daß die Luft zu dieser Veränderung der Farbe nichts beytrug, ward daraus klar, daß sie in einem luftleeren Recipienten eben so gut vor sich gieng, wie vorher, wenn man ihn gegen die Lichtstrahlen stellete. Allein, durch das Licht von Fackeln, wenn er es auch durch sehr breite Linsengläser in einen Brennpunct vereinigte, konnte er keine Veränderung bewirken, welches er der Schwäche dieses Lichtes zuschrieb.

Einige muthmaßeten, daß die Sonnenstrahlen diejenigen Theilchen der Körper, von denen die Farben abhangen, zerstreuen möchten. Allein Bonzius bemerkte, daß, wenn er seine Bänder auf weißes Papier gegen das Licht legte, die Farben auf beyden Seiten verbleichten, ohne daß man doch auf den Stellen, wo sie gelegen hatten, etwas finden konnte. x)

Einfluß des Lichtes auf den innern Bau der Körper.

Beccarius selbst muthmaßete, daß viele andere Veränderungen in dem innern Bau der Körper durch das Sonnenlicht möchten hervorgebracht werden, y) und hielt es für gewiß, daß manche Körper, welche die Eigenschaft das Licht in sich zu ziehen

x) Comm. Bonon. Vol. 6. p. 77. seqq.

y) Hieher gehöret der bekannte Versuch, wodurch die Wirkung der Lichtstrahlen, zur Hervorbringung der grünen Farbe der Gewächse, erhellet. Wenn man eine Zwiebel auf ein Glas mit Wasser setzet, beydes in einem Schranke verschließt, durch Hülfe eines Lampenfeuers jene Blätter schießen läßt, und dieselben sogleich mit einer papiernen Tüte umschließt, um allen Zutritt der Luft zu verhüten; so werden die Blätter, bis auf die äußerste Spitze, ganz weiß. Setzet man sie hierauf ans Licht, so werden sie grün. Merkwürdig ist es, daß diese grüne Farbe resinös ist, und sich durch Weingeist auflösen läßt; der einzige Theil am ganzen Blatte, der resinös ist; wodurch zugleich die Nothwendigkeit der Feuertheile zur Entstehung der Resine erhellet. C.

ziehen hätten, von den Sonnenſtrahlen in dieſer Abſicht vielen Schaden nähmen. Er fand, daß Papier, nachdem es erſt ſehr heiß gemachet, und darauf wieder kalt geworden war, einen vortrefflichen Phosphorus dieſer Art abgab, der aber, wie er ſich gegen ſeine erſte Muthmaßung verſicherte, durch die Ausſtellung an das Licht ſehr geſchwächet ward. Er hatte ein Blatt Papier zum Theil bedeckt, zum Theil unbedeckt, nur einige Stunden in die Sonne geleget, hielt darauf das ganze Blatt eine ſehr kurze Zeit gegen das Licht, damit beyde Theile es in ſich ziehen ſollten, und nun leuchtete der bedeckt geweſene Theil im Finſtern ſehr helle, da der andere kaum ſichtbar war. Dieſer Unterſchied rührte nicht von der Hitze her, welche dieſer letztere von den Sonnenſtrahlen erhalten hatte. Denn, wie er bey einem andern Blatte Papier zur Bedeckung des einen Theils ſchwarzes Seidenzeug brauchte, wodurch es offenbar heißer, als der unbedeckte Theil ward, ſo blieb der Erfolg des Verſuches doch noch derſelbe. *)

Eben dies zeigte ſich auch bey jedem andern Phosphorus, den er dazu brauchte; und zu dem Ende machete er mit vielen Subſtanzen aus allen drey Reichen der Natur Verſuche. Je ſtärker das Licht war, und je länger ſie demſelben ausgeſetzet blieben, deſto mehr litten ſie dadurch. Eine Stunde machete ſchon einen beträchtlichen Unterſchied, und weit weniger Zeit brauchte es dazu, wenn die Strahlen durch einen Brennſpiegel in einen Brennpunct vereiniget wurden. a) Da er zwey Blätter Papier von mäßiger Dicke über einander legte, ward bloß das obere angegriffen; da er aber drey Blätter, von einer feinern Gattung, nahm, wurden die beyden oberſten, aber nicht das unterſte, angegriffen.

Der Schade, welchen dieſe Phosphori von der Ausſtellung gegen die Sonnenſtrahlen gelitten hatten, verlohr ſich nicht mit der Zeit. Einen bewahrte er ein ganzes Jahr in einem dunkeln Zimmer, doch ſo, daß er der Luft hinlänglich genießen konnte, und er bekam ſeine vorige Kraft nicht wieder. Er wuſch und trocknete ihn, und beräucherte ihn auf alle erſinnliche Arten; allein er konnte ihn, wie er es auch anfangen mochte, nicht wieder zu rechte bringen. Vorher, ehe er von der Sonne untüchtig gemachet worden, war er doch ein ſehr vortrefflicher Phosphorus geweſen. b) Dieſes ſetzte unſern Naturforſcher ſehr in Verwunderung, weil ſonſt ein Phosphorus, der durch die Hitze gelitten hat, durch die Kälte wieder hergeſtellet wird; oder wenn er durch Feuchtigkeit verdorben iſt, ſeine Kraft alſobald, wenn er vollkommen trocken geworden iſt, wieder erhält.

Drittes Kapitel.

Von der äußerſten Feinheit und dem höchſt geringen Momente des Lichtes, und von des Herrn Boscovich allgemeiner Hypotheſe.

Wenn man ſich das Licht als körperlich vorſtellet, ſo muß man doch zugleich einräumen, daß die Theile, woraus es beſteht, äußerſt klein ſind, und daß, ungeachtet ſeiner erſtaunenden Geſchwindigkeit, das Moment deſſelben höchſt geringe iſt.

Wir

*) Comm. Bonon. vol. 6. p. 81. a) Ibid. p. 83. b) Ibid. p. 85.

Aeußerſte Feinheit des Lichtes.

Wir haben dem vorher erwähnten Herrn **Melville** einige ſinnreiche Erläuterungen über die **äußerſte Feinheit des Lichtes**, das iſt, die unendliche Kleinigkeit der Beſtandtheile deſſelben, zu danken, eine Feinheit, wovon wenige, ſelbſt ſolche, die die Hypotheſe annehmen, einigermaßen ſich einen Begriff machen.

Die Lichttheilchen liegen ſehr weit von einander.

Er bemerket, daß es vermuthlich über dem ganzen Horizonte keinen phyſikaliſchen Punct gebe, der nicht nach jedem andern Puncte, wo kein undurchſichtiger im Wege iſt, Licht ſendet. Das Licht geht nach ſeinem Wege von einem Sonnenſyſtem zum andern oft durch Ströme von Licht, welches von andern Sonnen herkömmt, ohne daß es durch dieſes, oder die Theilchen des elaſtiſchen Medium, womit man, einigen Erſcheinungen zufolge, den ganzen Weltraum angefüllet halten kann, aufgehalten oder aus ſeinem Wege gebracht würde. Dieſes und andere ähnliche Ereigniſſe zu erklären, nimmt er an, daß die Theilchen, daraus das Licht beſteht, über die maßen weitläuftig von einander liegen, ſelbſt da, wo ſie am dickſten bey einander ſind; das iſt, der Durchmeſſer zweyer nächſter Theilchen in demſelben Strahle, oder in verſchiedenen, bald nach ihrem Ausgange von dem leuchtenden Körper, muß gegen ihre Entfernung von einander, unvergleichbar klein ſeyn. [a]) Hätte Hr. Euler, ſaget er, alſo bedacht, wie unermeßlich dünne und fein das Licht iſt (und dafür müſſen es alle halten, welche das Emiſſions-Syſtem annehmen) ſo würde er dieſes Syſtem nicht für unverträglich mit der Freyheit und Fortdauer der Bewegungen der Himmelskörper gehalten haben. [b])

Dieſe Schwierigkeit, warum ſich die Lichttheilchen nicht hindern, wird, wie er bemerket, dadurch nicht gehoben, wenn man mit Boscowich und andern annimmt, daß

a) Hr. von Segner (in einem Programm de raritate luminis, Gotting. 1740) berechnet die Zwiſchenräume der Lichttheilchen folgendergeſtalt. Aus der Beobachtung, wie langſam eine glühende Kohle im Kreiſe geſchwungen werden dürfe, daß der Kreis noch ununterbrochen helle ſcheint, folgert er, daß der Eindruck des Lichtes auf das Auge etwa eine halbe Secunde dauren möge, wofür er aber doch nur 6 Tertien ſetzet. In dieſer Zeit beſchreibt das Licht fünf Halbmeſſer der Erde, folglich kann die Entfernung zweyer nach derſelben geraden Linie fortgehenden Lichttheilchen fünf ſolche Halbmeſſer groß genommen werden, und die Empfindung des Lichtes bleibt ununterbrochen. Ja man kann dieſe Entfernung noch weit größer machen, wenn man annimmt, daß nicht alle Pünctchen eines empfindbaren Punctes zugleich Licht ins Auge ſenden, ſondern darinnen mit einander abwechſeln. K.

b) Edinburgh Eſſays, vol. 2. p. 17. (Hr. Euler brauchet dies eigentlich als einen Defenſivgrund. Die Newtonianer nehmen, ſaget er, den Himmelsraum leer an, damit die Himmelskörper keinen Widerſtand leiden ſollen, und erfüllen ihn doch mit den Strahlen, die ſich noch dazu ſo ungeheuer geſchwinde bewegen. Alſo kann man auch einen Aether zur Fortpflanzung des Lichtes annehmen, wenn er nur dünne genug iſt, daß die Himmelskörper darinnen keinen größern Widerſtand antreffen, als die Beobachtungen zulaſſen. Er berechnet ſelbſt, daß, wenn die Sonne durch die beſtändigen Ausflüſſe des Lichtes in 5000 Jahren keine merkliche Verminderung ihrer Maſſe gelitten haben ſoll, die Strahlen bey unſerer Erde dünner ſeyn müſſen, als die Materie der Sonne in dem Verhältniſſe einer Trillion zur Einheit, welches große Verhältniß er aber für unwahrſcheinlich hält. In der Folge findet er das Product der beyden Zahlen, welche angeben, wie vielmal der Aether, der zur Fortpflanzung

daß jedes Theilchen eine unüberwindliche fortſtoßende Kraft beſitze, weil auf dieſe Art die Wirkungsräume ihrer Kräfte mit einander noch mehr ſich vermiſchen, und ſie ſich daher noch hinderlicher fallen würden. c)

Es verfließt eine gewiſſe kleine Zeit zwiſchen ihrem Ausfahren aus dem leuchtenden Körper.

Hr. **Canton** zeiget, mit Hülfe einer leichten Rechnung, wie man die Schwierigkeit in dem Newtonianiſchen Syſtem, daß die Lichttheilchen ſich ſelbſt und andere Theilchen beſtändig anſtoßen müſſen, beynahe heben könne. Man muß nur eine ganz kleine Zeit zwiſchen der Ausſendung zweyer in derſelben Richtung ſich folgender Theilchen, annehmen. Sendet z. E. ein leuchtender Punct auf der Oberfläche der Sonne hundert und funfzig Theilchen in einer Secunde aus, welches überflüßig genug iſt, dem Auge ununterbrochen Licht zu verſchaffen, ſo werden doch die Theilchen, wegen ihrer großen Geſchwindigkeit, mehr als tauſend Meilen hinter einander ſeyn, und alſo Platz genug für andere, zwiſchen ihnen durchzugehen, laſſen. d)

Homberg will an den Lichtſtrahlen ein Moment beobachten.

Könnte man an den Lichtſtrahlen einiges Moment, einige Bewegung, welche ſie den Körpern durch ihren Anſtoß mittheilen, bemerken, ſo wäre dieſes ein ſtarker Beweis für ihre Materialität. **Homberg** glaubte, daß er durch den Stoß der Sonnenſtrahlen nicht allein Amiant und dergleichen leichte Sachen in Bewegung ſetzen könnte, ſondern auch, daß eine gerade gebogene Uhrfeder, die mit einem Ende in ein Stück Holz befeſtiget war, eine ſchwingende Bewegung annähme, wenn der Brennpunct eines 12 bis 13 Zoll breiten Linſenglaſes darauf fiel. e) Dieſe Beobachtungen, ſaget der Geſchichtſchreiber der Akademie, ſtimmen mit andern, welche die Schwere der Lichtſtrahlen beweiſen, gut überein. Er ſaget dies nicht aus Spott, ſondern ganz im Ernſte, ſo wie auch **Muſſchenbroek** dieſe Verſuche von Homberg anführet, ohne über ihre Richtigkeit einen Zweifel zu äußern. f)

Unrichtigkeit ſolcher Verſuche.

Durch Hrn. **Eulers** Hypotheſe, daß die Schweife der Kometen Dünſte ſind, welche durch den Anſtoß eben der Schwingungen des Aethers, die das Licht ausmachen, von der Sonne abwärts getrieben werden, ward Hr. **Mairan** veranlaſſet, dieſe Sache zu unterſuchen; aber die deswegen angeſtellten Verſuche machten ihm die Wirklichkeit dieſes Stoßes des Lichtes zweifelhaft. Die außerordentlichen Wirkungen, welche **Hartſoeker** und **Homberg** dieſer Kraft zugeſchrieben haben, rührten, wie er zeiget, von einem durch die Hitze der Brenngläſer erregten Lichtſtrome, oder von einer andern Urſache her, die ſie vielleicht überſehen hatten. Die Frage ſicherer zu entſcheiden, fieng er mit einem Verſuche an, da er den Brennpunct eines Linſenglaſes von vier, und eines andern von ſechs Zoll Breite auf eine vier oder ſechs Zoll lange Magnetnadel fallen lies; allein es entſtand nichts als eine zitternde Bewegung

pflanzung des Lichtes dienet, dünner und elaſtiſcher iſt, als die Luft, gleich der Zahl 387467100000, und weil er glaubt, die Elaſticität des Aethers ſey nicht über 1000 mal großer als der Luft, ſo wird der Aether 3874671co mal dünner ſeyn als die Luft, oder, wenn man es ſich ſinnlich machen will, in dem Verhältniſſe von 13 Jahren zu einer Secunde. So unbegreiflich dieſes Verhältniß auch iſt, ſo reichet es doch lange noch nicht an jenes erſtere. K.)

c) Edinburgh Eſſays vol. 2. p. 18.

d) Philoſ. tranſ. vol. 58. p. 344.

e) Hiſt. de l'Acad. de Par. 1708. p. 25.

f) Introductio, p. 689.

Bewegung, die nichts entschied. Nachher verfertigte er mit **Du Fay** eine Art Windmühle von Kupfer, die bey dem allerschwächsten Stoße sich bewegte; ungeachtet sie aber den Brennpunct eines sieben oder acht Zoll breiten Linsenglases darauf fallen ließen, so waren sie doch noch nicht im Stande, etwas daraus zu folgern.

Mairans vergebliche Versuche.

Darauf lies Mairan ein eisernes Rad, drey Zoll im Durchmesser groß, mit sechs Speichen, machen, an deren Enden ein kleiner Flügel schief befestiget war. Die Are des Rades, welche gleichfalls von Eisen war, ward durch Hülfe eines Magnets aufgehänget. Rad und Are wogen zusammen nicht mehr als 30 Grane; es bewegte sich auch das Rad, wenn die vereinigten Strahlen durch das Brennglas auf die Enden der Speichen fielen: allein so unregelmäßig, daß er die Bewegung nicht anders, als der erhitzten Luft, zuschreiben konnte. Er wollte hierauf die Versuche im luftleeren Raume anstellen, bedachte aber, daß es unnöthig seyn würde. Denn, außer der damit verknüpften Schwierigkeit, glaubte er gewiß, daß unser Dunstkreis noch ein dünner Medium enthalte, welches selbst durch Glas frey hindurch gehe, und dessen Wirklichkeit er in seinem Buche von dem Nordlichte bewiesen zu haben meynte. f)

Michells Versuch.

Hr. **Michell** bemühete sich vor einigen Jahren auf eine noch genauere Weise, als Homberg und Mairan, sich von dem Momente des Lichtes zu versichern. Ob nun gleich seine Vorrichtung durch den Versuch selbst Schaden nahm, und er denselben auch nicht so weit trieb, als er es sich vorgenommen hatte, so mislung er doch nicht ganz, und kann Anlaß zu wichtigen Folgerungen geben.

Das Werkzeug, dessen er sich bediente, bestand aus einer sehr dünnen kupfernen Platte, ein wenig über einen Zoll im Quadrate, die an das eine Ende einer dünnen Claviersaite, von ungefähr zehn Zollen in der Länge, befestiget war. An der Mitte der Saite war ein achatenes Hütgen, wie in einem kleinen Seecompasse, vermittelst dessen sie sich wie eine Magnetnadel drehete; und an dem andern Ende war ein Hagelkorn von mittlerer Größe zum Gegenwichte der Platte angebracht. Noch war an der Mitte rechtwinklicht auf die Saite, und horizontal ein kleines Stückgen einer sehr dünnen Nehnadel befestiget, das gegen einen halben Zoll lang, und magnetisch war. So mochte das ganze Instrument etwa zehn Grade wiegen. Es ward auf einer sehr spitzigen Nadel gelegt, und drehte sich auf derselben sehr leicht. Damit die Luft es nicht bewegen möchte, ward es in ein Kästgen gethan, dessen Deckel und Vorderseite von Glas waren. Dieses war etwa 12 Zolle lang, 6 Zolle tief, und eben so viel breit, und die Nadel stand in der Mitte aufrecht.

Bey dem Versuche selbst ward der Kasten so gestellet, daß eine Linie von der Sonne gezogen, senkrecht auf die Länge desselben war; und das Instrument ward mit eben dieser Länge parallel, vermittelst des magnetischen Stückes von einer Nadel, und eines von außen gehörig angebrachten Magneten, gerichtet. Dieser Magnet erhielt es, aber mit einer gar kleinen Kraft in jeder Lage. Nun lies man die Sonnenstrahlen von einem Hohlspiegel, der etwa zween Fuß breit war, auf die kupferne Platte,

f) Mem. de l' Acad. de Par. 1747. p. 630.

Platte, durch das Glas auf der Vorderſeite des Kaſtens, fallen, ſo daß ſie auf der Platte ſich vereinigten. Die Folge war, daß die kupferne Platte ſich langſam, etwa um einen Zoll in einer Secunde, fortbewegte, bis ſie etwa drittehalb Zolle zurückgeleget hatte, da ſie an das hintere Brett des Kaſtens anſtieß. Wie der Spiegel weggenommen ward, begab ſich das Inſtrument, vermittelſt der kleinen Nadel und des Magnets, wieder in ſeine vorige Lage. Der Verſuch ward einigemal, immer mit demſelben Erfolge, wiederhohlet. Es ward auch das Inſtrument ſo geſtellet, daß Rechts und Links verwechſelt wurden; und auch in dieſer Lage fiel der Verſuch einigemal auf dieſelbe Art aus. Endlich aber ward die Platte durch die ſtarke Hitze gebogen, und kam halb über, halb unter der Saite zu liegen. In dieſer Lage ward es, gleich einem Windmühlenflügel, von dem erhitzten Luftſtrome, der ſich in die Höhe bewegte, gegen den Stoß der Lichtſtrahlen angetrieben. Weil er in ſeinem Hauſe ſelbſt keinen Brennſpiegel hatte, ſetzte er den Verſuch nicht weiter fort. Inzwiſchen ſcheint es keinen Zweifel zu haben, daß man nicht jene Bewegung dem Stoße der Lichtſtrahlen zuſchreiben müſſe. Die verſchiedenen Gewichte, Maaßen, ꝛc. gab mir Hr. Michell nur aus dem Gedächtniſſe an, glaubte aber, daß ſie wenig von den wahren abgehen müßten.

Berechnung der Feinheit des Lichtes.

Wenn wir die Bewegung der Platte dem Stoße der Lichtſtrahlen zuſchreiben, und annehmen, daß das Inſtrument zehn Gran gewogen, und eine Geſchwindigkeit von einem Zolle in einer Secunde erhalten habe, ſo folget daraus, daß die Menge der Materie, welche die Lichtſtrahlen enthielten, die in dieſer Zeit auf das Inſtrument fielen, nicht mehr als Ein Zwölfhundertmillionentheilchen eines Grans beträgt. Denn die Geſchwindigkeit des Lichtes iſt etwa zwölftauſend Millionen mal größer als die Geſchwindigkeit von einem Zolle in einer Secunde; das Licht war in dem obigen Verſuche von einer Fläche, die etwa drey Quadratfuße betrug, hergeleitet; da dieſe aber nur etwa die Hälfte von allen auffallenden Strahlen zurück wirft, ſo wiegt die Menge der Materie, die in den Lichtſtrahlen ſteckt, welche in einer Secunde auf eine Fläche von anderthalb Quadratfuß fallen, nicht mehr als Ein Zwölfhundertmillionentheilchen eines Grans, und was auf eine Fläche von einem Quadratfuß fällt, Ein Achtzehnhundertmillionentheilchen eines Grans. Weil die Dichte der Sonnenſtrahlen auf der Oberfläche der Sonne größer, als ihre Dichte an der Erde in dem Verhältniſſe von 45000 zu 1 iſt, ſo muß ein Quadratfuß auf der Oberfläche der Sonne jede Secunde Ein Vierzigtauſendtheilchen eines Grans an Materie verlieren, oder ein wenig über zween Grane in einem Tage, oder etwa 670 Pfund in 6000 Jahren. Dieſes würde den Halbmeſſer der Sonne nicht mehr als etwa um 10 Fuß kleiner machen, wenn ſie nur die Dichte des Waſſers hätte.

Boscovichs Hypotheſe.

Den leichteſten Weg, alle Schwierigkeiten in dieſer Sache zu heben, und Hrn. **Eulers** Einwürfe gegen die Materialität des Lichtes zu beantworten, giebt die Hypotheſe des Herrn **Boscovich** an die Hand, als welcher annimmt, daß die Materie nicht undurchdringlich ſey, wie man ſonſt vielleicht allgemein glaubet, ſondern daß ſie bloß aus phyſikaliſchen Puncten beſtehe, die mit anziehenden und zurückſtoßenden Kräften, welche ſich in verſchiedenen Entfernungen äußern, begabet ſind; das iſt,

die mit allerhand Wirkungsräumen der Anziehung und Zurückstoßung umgeben sind, eben so, wie man sie der dichten Materie zu geben pfleget. Woferne also ein Körper hinlängliche Geschwindigkeit, oder genugsames Moment hat, die zurückstoßenden Kräfte, in deren Wirkungsraum er kömmt, alle zu überwinden, so wird er ohne Schwierigkeit durch jeden Körper hin dringen können. Denn auf solche Art kreuzet und durchdringet sich nichts als Kräfte, dergleichen, wie wir sonst wissen, mehrere wirklich in einem und demselben Orte vorhanden sind, und sich einander entweder das Gleichgewicht halten, oder einander überwältigen: eine Sache, wobey man nie einen Widerspruch, oder nur eine Schwierigkeit, gefunden hat.

Wenn das Moment eines solchen bewegten Körpers hinlänglich groß ist, so zeiget **Boscovich**, daß die Theile des Körpers, durch welchen er seinen Weg nimmt, nicht einmal aus ihrer Stelle dadurch gebracht werden. Bey einer etwas geringern Geschwindigkeit werden sie in eine beträchtliche Bewegung, und vielleicht in Brand gerathen, obgleich der Lauf des bewegten Körpers dadurch nicht sonderlich unterbrochen werden mag; und bey einer noch geringern Geschwindigkeit geht er gar nicht durch. *h*)

Diese Theorie umständlich auszuführen und zu erörtern, giebt sich Hr. Boscovich viele Mühe, und zeiget, daß sie keinesweges mit irgend einem unsrer Begriffe von den Gesetzen der Mechanik, oder mit unsern Entdeckungen in der Physik streite; daß vielmehr sehr viele Erscheinungen, insbesondere die an dem Lichte, sich daraus weit leichter, als durch jede andere Hypothese, erklären lassen.

Die erste, und in der That die einzige Schwierigkeit, bey dieser Hypothese, als welche die Durchdringbarkeit der Materie *i*) voraussetzet, entsteht aus dem Begriffe, den wir uns einmal von dem Wesen der Materie gemachet haben, und der Schwierigkeit, die wir finden, wenn wir zween Körper in denselben Raum zwingen wollen. Es läßt sich aber beweisen, daß der erste Widerstand, den ein Körper von einem andern findet, nicht von einer wirklichen Berührung der Materie, sondern nur von bloßen zurückstoßenden Kräften entsteht. Diesen Widerstand stellen wir uns leicht als überwindbar vor; lassen alsdenn aber, nachdem wir durch diesen einzigen Wirkungsraum der Zurückstoßung gedrungen sind, den Widerstand der dichten Materie selbst folgen. Eben so stellen sich aber die meisten Menschen schon den ersten Widerstand vor. Warum könnte also nicht der zweete Widerstand bloß ein anderer Wirkungsraum der Zurückstoßung seyn, den zu überwinden, ohne die Ordnung der Bestandtheile zu ändern, bloß eine größere Kraft, als es uns möglich ist, erfodert wird, die sich aber bey einem Körper findet, der sich mit einer so erstaunenden Geschwindigkeit, wie das Licht, beweget?

Michells Erläuterungen.

Auf eine ganz ähnliche, wo nicht vielmehr dieselbe, Hypothese fiel schon in jungern Jahren mein Freund, Hr. **Michell**, ohne einmal vom Hrn. Boscovich etwas gehöret

h) Theoria Philos. naturalis, p. 167.

i) Die Puncte, woraus B. die natürlichen Körper bestehen läßt, sollen sich nach ihm nicht durchdringen können. Boscovich diss. de lumine. P. 2. §. 10. 11. K.

gehöret zu haben, und zwar bey der Gelegenheit, daß er **Bärtern von der Unkörperlichkeit der Seele** las. Er fand, daß dieſer Schriftſteller ſich den Begriff von der Materie machete, daß ſie gleichſam aus Ziegelſteinen beſtünde, die mit einem unkörperlichen Mörtel zuſammengefüget wären. Dieſe Ziegelſteine waren, wenn er nicht mit ſich ſelbſt uneins werden wollte, wieder aus kleinern Ziegelſteinen zuſammengeſetzet, die ebenfalls durch einen unkörperlichen Mörtel verbunden waren, und ſo immerfort ohne Aufhören. Hr. Michell, der aus dieſem Geſichtspuncte die Erſcheinungen der Natur zu betrachten anfieng, merkte bald, daß dieſe Ziegelſteine mit dem unkörperlichen Mörtel ſo bedeckt würden, daß, wenn ſie auch wirklich vorhanden wären, ſie ſo gut wie nicht da ſeyn müßten, weil jede Wirkung unter zehn Fällen neunmal, und das zehntemal vermuthlich auch, durch dieſen unkörperlichen, geiſtigen und durchdringbaren Mörtel hervorgebracht würde. Anſtatt alſo die Welt auf den Rieſen, den Rieſen auf die Schildkröte, und die Schildkröte auf etwas, das er nicht weiter wußte, zu ſetzen, ſetzte er die Welt mit einemmale auf ſich ſelbſt; und da er, um die Erſcheinungen in der Natur zu erklären, immer nothwendig fand, neben der undurchdringbaren Materie ausgedehnte und durchdringbare immaterielle Subſtanzen *k*) anzunehmen; auch bemerkte, daß alles, was wir durchs Gefühl u. ſ. w. empfinden, dieſe durchdringbare immaterielle Subſtanz, und nicht die undurchdringbare wäre, ſo kam er auf den Gedanken, daß er ſo gut **durchdringbare materielle, als durchdringbare immaterielle Subſtanzen** annehmen könnte, insbeſondere, da wir von der Natur einer **Subſtanz** weiter nichts wiſſen, als daß es etwas iſt, woran **Eigenſchaften** haften, welche Eigenſchaften man nach Belieben vergeſellſchaften kann, wenn ſie nur nicht mit einander ſtreiten, das iſt, eine der andern Daſeyn ausſchließen. Dieſes ſcheint aber nicht der Fall zu ſeyn, wenn man zwo Subſtanzen zu gleicher Zeit in demſelben Orte ſeyn läßt, ohne ſich einander zu verdrängen; welches nur wegen des Widerſtandes, den man durchs Gefühl antrifft, unbegreiflich ſcheint, und im Grunde ein Vorurtheil iſt: ſo etwa wie jenes gegen die Antipoden, welche man wegen der allgemeinen Erfahrung leugnete, daß Körper herunterwärts, wie wir es nennen, fallen.

k) Soll vielleicht heißen, immaterielle Subſtanzen, die die Empfindung der Ausdehnung verurſachen. Von Durchdringbarkeit oder Undurchdringbarkeit kann bey immateriellen Subſtanzen nicht wohl die Frage ſeyn. Dieſe Begriffe ſind ſo heterogen, wie die von Teufeln und vom Entzweyhauen und Zuſammenheilen dieſer Geiſter. — In Deutſchland muß das Syſtem, welches die Erſcheinungen materieller Dinge von immateriellen Subſtanzen herleitet, demjenigen nicht neu und fremde ſeyn, der von Leibnitzens Monadologie gehöret hat. Dergleichen kann man ſogar von unſern witzigen Köpfen und Rechtsgelehrten lernen. Der Verfaſſer der Einfälle und Begebenheiten ſaget: Die Fäden, woraus Leinewand gemachet wird, ſind nicht ſelbſt von Leinewand, ſondern die Leinewand beſteht aus Fäden. So ſind auch die Elemente der Körper nicht körperlich. — Mir iſt das Syſtem, welches die ganze Körperwelt zu Erſcheinungen machet, die von unkörperlichen Dingen herrühren, ſchon deswegen ſehr lieb, weil damit ein großer Haufen unnützer und beſchwerlicher Grübeleyen an die Seite geſchaffet wird. Man muß alsdenn bloß bey den Factis bleiben, ohne die erſten Urſachen erklären zu wollen. A.

Man wird mich sowohl wegen der Neuheit als Wichtigkeit dieser Hypothese, besonders in Absicht auf die Erscheinungen des Lichtes, entschuldigen, daß ich mich so lange bey derselben aufgehalten habe. Wenn ich noch einige Veränderung daran machen sollte, so wäre es darinnen, daß die zurückstoßende Kraft, welche zunächst an den untheilbaren Puncten sich äußert, die das, was wir dichte Körper nennen, ausmachen, nicht vollkommen unendlich groß, sondern nur so groß wäre, daß sie durch das Moment des Lichtes überwältiget werden möchte, wodurch man zugleich den Anfangs erwähnten Einwurf des Hrn. Melville heben kann. Bedenkt man inzwischen, daß Boscovich diese zurückstoßende Kraft allernächst seinen Puncten nicht bis auf einen endlichen Raum sich erstrecken läßt, sondern sie auf den untheilbaren Punct selbst einschränket, so kann man es wohl dabey bewenden lassen, weil der Fall des Anstoßens zweener solcher Puncte gegen einander so selten ist, daß man, ihn in Betrachtung zu ziehen, nicht nöthig hat.

Zusatz des Uebersetzers.

Herr Priestley hat in den Zusätzen zu seinem Werke noch eine ihm von Hrn. Michell mitgetheilte Berechnung der Kraft beygefüget, mit welcher leuchtende Körper das Licht aussenden, wie auch derjenigen, welche, da sie sich an der Oberfläche der Körper äußert, die Erscheinung veranlasset, welche man gewöhnlich ihre Undurchdringbarkeit nennt. Weil sie aber durch ihre Weitläuftigkeit die Untersuchung von der Natur des Lichtes, darinn wir so kurzsichtig sind, nur zum Ueberdrusse verlängern würde, so will ich bloß das Resultat derselben hier anführen.

Die Entfernung, in welcher die Körper auf das Licht zu wirken anfangen, sey $\frac{1}{100}$ Zoll; vermuthlich ist sie aber noch kleiner. Alsdenn ist die Kraft, welche die Geschwindigkeit des Lichtes erzeuget, welche einerley mit derjenigen seyn muß, die sie, wie bey der Zurückwerfung aufzuheben im Stande ist, 19 Trillionen mal größer als die Kraft der natürlichen Schwere. So vielmal man jene Entfernung kleiner macht, so vielmal muß man diese Kraft größer ansetzen. Diese erstaunende Kraft, mit welcher die Körper das Licht aussenden, oder welches auf dasselbe hinauskömmt, der Widerstand, den es an ihrer Oberfläche antrifft, zeiget, wie leicht man die Wirkung einer Kraft, die vermuthlich mit jener einerley ist, für eine absolute Undurchdringlichkeit annehmen könne.

Ob man aber nicht diese berechnete Kraft zu einem Einwurfe gegen das Emanationssystem gebrauchen könnte, oder ob man nicht noch besser thäte, seine Unwissenheit in dieser Sache demüthig zu gestehen, und die Rechnung gar nicht zu machen, weil sie vermuthlich auf das Licht gar nicht passet, will ich hier nicht fragen. Das bemerke ich nur, daß es wenigstens sich nicht der Mühe verlohnet, eine so beschwerliche Rechnung darüber anzustellen, wie Hrn. Priestleys Freund sie sich gemacht hat, als deren Abriß im Original fast vier Quartseiten einnimmt. Die Engländer scheinen aber überhaupt noch in mechanischen Rechnungen etwas unbehülflich

lich zu ſeyn. Ein Schüler von Eulern hätte einem Newtonianer dieſes Exempel im Kopfe vorgerechnet. Wenn p : 1 das Verhältniß der beſchleunigenden Kraft zur Schwere; g die Höhe des freyen Falles in einer Secunde; s den durch die Wirkung jener Kraft beſchriebenen Raum, und c die Geſchwindigkeit am Ende des Raums bedeutet, ſo iſt $cc = 4gps$. Für das Licht iſt $c = 1000$ Millionen Fuß nächſtens; $s = \frac{1}{1100}$ Fuß (per hypoth.) dabey iſt $g = 16$ Fuß, alles nach engliſchem Maaße. Alſo ſieht man gleich, daß p etwa 19 Trillionen beträgt.

Zweyter Abſchnitt.

Beobachtungen von der Geſchwindigkeit des Lichts.

Die allmählige Fortpflanzung des Lichtes beſtätiget.

In dieſer Periode meiner Geſchichte erhielt man eine merkwürdige Beſtätigung der von Römern gemachten Entdeckung der allmähligen Fortpflanzung des Lichts. So wie viele andere große Entdeckungen ward auch dieſe gemacht, indem der Urheber ganz etwas anders ſuchte. Mit Vergnügen betrachtet man auch die Folge der verſchiedenen Hypotheſen, welche ſich dem ſcharfſinnigen Erfinder während ſeiner Nachforſchungen darboten.

Bradleys Beobachtung.

Der königliche Aſtronom, Bradley und ſein Freund, Molyneux, beobachteten in der Abſicht, einige von Dr. Hooke gemachte Wahrnehmungen über die Parallaxe der Fixſternen zu berichtigen, den Stern γ des Drachen zu Kew am 20. Decemb. 1725. und fanden, daß er ſüdlicher als zu Anfang dieſes Monats und im vorhergehenden, ſtand. Sie wunderten ſich hierüber, und dieſes deſtomehr, weil die Veränderung des Ortes gerade derjenigen entgegen geſetzt war, welche die jährliche Parallaxe hätte hervorbringen müſſen. Weil ſie aber ziemlich ſicher waren, daß die Abweichnng einem Fehler ihrer Beobachtungen nicht ganz könnte zugeſchrieben werden, und ſie ſonſt keine Urſache einer ſolchen ſcheinbaren Bewegung anzugeben wußten, ſo fiengen ſie an zu argwohnen, daß irgend eine Veränderung mit ihrem Werkzeuge vorgegangen ſeyn müßte. Eine Zeitlang blieben ſie bey dieſem Gedanken; allein, wie ſie durch verſchiedene Proben von der großen Genauigkeit ihres Werkzeuges ſich verſichert hatten, und aus der allmähligen Zunahme der Entfernung des Sterns vom Pole ſchloſſen, daß eine regelmäßig wirkende Urſache der Erſcheinung da ſeyn müßte, ſo beobachteten ſie jedesmal ſorgfältig, wie viel die Zunahme betrug, [a]) und leiteten Anfangs die Bewegung des Sterns von dem Wanken der Erdaxe her. Allein dieſes fanden ſie bald unzulänglich zu ſeyn. Sie fanden ferner, daß ſie von der Veränderung der Jahrszeiten gar nicht abhienge; worunter ſie vermuthlich die Veränderung des Zuſtandes der Atmoſphäre verſtanden; und aus der Vergleichung ihrer Beobachtungen erhellte, daß die ſcheinbaren Unterſchiede der Declination von der größten immer dem Queerſinus der Entfernung der Sonne von den Puncten der Nachtgleichen beynahe proportional waren. Dieſes bewog

a) Philoſ. tranſ. abr. vol. 6. p. 168.

bewog ſie zu glauben, daß was auch immer die Urſache ſeyn möchte, ſie mit der Lage der Sonne gegen dieſe Puncte eine Verbindung haben müßte. Weil ſie aber um dieſe Zeit noch nicht im Stande waren, eine Hypotheſe zur Erklärung aller Erſcheinungen anzugeben, und doch große Begierde hatten, in die Sache weiter einzudringen, ſo richtete Dr. Bradley für ſich ſelbſt ein Inſtrument zu Wanſted auf, daß er es immer zur Hand haben, und mit deſto mehrerer Bequemlichkeit und Gewißheit den Geſetzen dieſer neuen Bewegung nachſpüren möchte.

Entdecket die Geſetze der ſcheinbaren Bewegung der Fixſterne,

Er hatte hier noch nicht lange beobachtet, als er ſchon wahrnahm, daß der Gedanke, der ihm zuerſt aufgeſtoßen war, nach welchem die Sterne am weitſten gegen Süden oder Norden ſich entfernen ſollten, wenn die Sonne in der Gegend der Nachtgleichen ſich befand, nur bey denjenigen Sternen eintraf, welche um den Colurus der Sonnenſtillſtände ſind. Nach einigen Monathen entdeckte er das allgemeine Geſetz für alle Sterne, daß nämlich jeder ſtillſtehend, oder am nördlichſten und ſüdlichſten ward, wenn er um ſechs Uhr Morgens oder Abends beym Zenith durchging. Er bemerkte ferner, daß alle Sterne, in welcher Lage ſie ſich auch gegen die Cardinalpuncte der Ekliptik befinden mochten, in ihrer ſcheinbaren Bewegung dieſelbe Richtung beobachteten, wenn ſie um dieſelbe Zeit entweder bey Tage oder bey Nacht durch ſein Inſtrument giengen. Denn ſie bewegten ſich alle ſüdwärts, wenn ſie bey Tage, und nordwärts, wenn ſie bey Nacht durchgiengen, ſo daß jeder am nördlichſten war, wenn er um ſechs Uhr des Abends, und am ſüdlichſten, wenn er um ſechs Uhr des Morgens daran kam.

Bey genauerer Unterſuchung fand er, daß die größte Veränderung der Declination an dieſen Sternen ſich wie der Sinus der Breite eines jeden verhielte. Hieraus muthmaßte er, daß ein gleiches bey allen übrigen Sternen zutreffen möchte; da er aber fand, daß die Beobachtungen bey einigen mit dieſer Vorausſetzung nicht völlig übereinſtimmen wollten, und nicht wußte, ob er den kleinen Unterſchied der Unſicherheit der Beobachtung zuſchreiben dürfte, ſo verſchob er die fernere Prüfung dieſer Vorausſetzung, bis er eine Reihe von Wahrnehmungen durch das ganze Jahr zu Stande gebracht hätte, um daraus nicht allein beſtimmen zu können, wie weit man ſich auf die Beobachtungen verlaſſen könnte, oder nicht, ſondern auch ſich zu verſichern, ob das Inſtrument irgend eine merkliche Veränderung erlitten hätte.

und die Urſache derſelben.

Nach verfloßenem Jahre fieng er an, ſeine Wahrnehmungen mit einander zu vergleichen, und die Urſache der Erſcheinungen aufzuſuchen, da er die allgemeinen Geſetze derſelben ſchon ziemlich gut zu kennen verſichert war. Er war ſchon gewiß, daß das Wanken der Erdare ſie nicht hervorbrächte. Eine Veränderung in Richtung des Lothes, dadurch das Inſtrument beſtändig berichtiget ward, konnte auch nicht Schuld haben. Die Strahlenbrechung wollte auch kein Gnüge thun. Endlich fiel er darauf, daß alle bisher erzählte Erſcheinungen von der allmähligen Fortpflanzung des Lichts, verbunden mit der Bewegung der Erde in ihrer jährlichen Laufbahn, herrührten. Denn er überlegte, daß, wenn das Licht eine gewiſſe Zeit brauchet, der ſcheinbare Ort eines unbewegten Gegenſtandes für ein bewegtes Auge

nicht

nicht derſelbe ſeyn kann, wie für ein ruhendes, wenn das Auge ſich nicht in der geraden Richtung nach dem Gegenſtande hin beweget, und daß nach der verſchiedenen Richtung der Bewegung des Auges der ſcheinbare Ort des Gegenſtandes verſchieden ausfallen muß.

Er betrachtete die Sache auf folgende Art. Es ſey C A ein Lichtſtrahl, der ſenkrecht auf B D fällt, daß der Gegenſtand, wenn das Auge in A ruhend wäre, in der Richtung A C erſcheinen müßte, das Licht mag auf dem Wege von C nach A eine Zeit gebrauchen oder nicht. Beweget ſich aber das Auge von B nach A, und braucht das Licht eine Zeit, ſo daß die Geſchwindigkeit deſſelben ſich zu der Geſchwindigkeit des Auges wie C A zu B A verhält, ſo iſt das Lichttheilchen, durch welches der Gegenſtand ſichtbar wird, wenn das Auge in A anlangt, in C, da das Auge in B iſt. Nachdem er die Linie B C gezogen, ſah er ſie wie eine unter dem Winkel D B C gegen B D geneigte Röhre, von einem ſo kleinen Durchmeſſer an, daß ſie nur ein Lichttheilchen faſſen könnte. Nun war es leicht zu begreifen, daß das Lichttheilchen in C, durch welches der Gegenſtand ſichtbar werden muß, wenn das Auge in A angekommen iſt, längſt der Röhre B C ſich bewegen wird, wenn dieſe gegen B D unter dem Winkel D B C geneigt, und mit dem Auge zugleich von B nach A, ſich ſelbſt parellel, fortrücket; daß es aber in das hinter einer ſolchen Röhre geſtellte Auge nicht kommen kann, wenn dieſe eine andere Neigung gegen B D hat. Oder, anſtatt C B eine ſo dünne Röhre ſeyn zu laſſen, nehme man ſie für die Are einer weitern Röhre an, ſo wird aus eben dem Grunde das Lichttheilchen von C nicht auf der Are dieſer Röhre bleiben, wenn ſie nicht mit B D den Winkel D B C machet. Gleichergeſtalt, wenn das Auge von D nach A, den entgegengeſetzten Weg, aber mit derſelben Geſchwindigkeit fortrücket, muß die Röhre unter dem Winkel B D C geneigt werden. Wenn alſo gleich der wahre Ort eines Gegenſtandes nach dem Perpendikel auf die Richtung der Bewegung hin liegt, ſo iſt der ſcheinbare doch auf einer andern Linie, nämlich der Richtung der Röhre; und beyder Unterſchied wird, bey ſonſt gleichen Umſtänden, größer oder kleiner ſeyn, nachdem das Verhältniß der Geſchwindigkeiten des Lichts und des Auges beſchaffen iſt. Würde das Licht in einem Augenblicke fortgepflanzet, ſo würde, der Bewegung des Auges ungeachtet, in dieſem Falle kein Unterſchied zwiſchen dem wahren und ſcheinbaren Orte ſeyn. Wird aber das Licht allmählig fortgepflanzet, ſo ſind ſie unterſchieden, es müßte denn das Auge ſich gerade nach oder von dem Gegenſtande bewegen. Ueberhaupt verhält ſich der Sinus des Unterſchiedes zwiſchen dem wahren und ſcheinbaren Orte zu dem Sinus der ſcheinbaren Neigung der Linie von dem Gegenſtande gegen die Richtung der Bewegung des Auges, wie die Geſchwindigkeit des Auges zu der Geſchwindigkeit des Lichts. [b])

Erklärung fig. 67.

Hier-

b) Weil die Erklärung der Aberration einige Schwierigkeiten hat, daher auch Hr. de la Lande in ſeiner Aſtronomie mehrere Erklärungen von ſehr verſchiedener Art giebt, ſo ſey es mir erlaubt, hier eine anzuführen, welche mir die einleuchtendeſte iſt. Es ſey (Fig. 68) der Stern in C, das Auge bewege ſich von B nach A, und ein Lichttheilchen komme

Abirrung eines Sternes im Pole der Ekliptik.

Hierauf zeiget er, daß ein Stern, der genau in dem Pole der Ekliptik sich befände, einem Zuschauer auf der Erde, der sich um die Sonne beweget, einen Kreis um den Pol zu beschreiben scheinen müßte, so daß dessen Länge immerfort durchs ganze Jahr mit jedem Puncte der Ekliptik sich ändern würde, die Breite desselben aber unverändert bliebe. Weis man die größte Veränderung des Ortes eines Sterns in dem Pole der Ekliptik, oder, welches auf eines herauskömmt, das Verhältniß der Geschwindigkeiten des Lichtes und der Erde in ihrer Bahn, so kann man, wie er bemerket, den Unterschied zwischen dem wahren und scheinbaren Orte eines jeden andern Sterns wegen der Abirrung für jede Zeit leicht finden; und umgekehrt auch das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten aus dem Unterschiede zwischen dem wahren und scheinbaren Orte.

Berechnung der Geschwindigkeit des Lichtes.

Weil nun die größte Veränderung der Breite an dem Sterne γ des Drachen 39″ beträgt, so würde dieser Stern, wenn er sich gerade in dem Pole der Ekliptik befände, einen Kreis beschreiben, dessen Durchmesser 40″, 4 betrüge. Die Hälfte hievon, nämlich 20″, 2, ist der Winkel ACB, daß also AC zu AB, das ist die Geschwindigkeit des Lichts zu der Geschwindigkeit des Auges (welche man in diesem Falle der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn gleich setzen darf) sich verhält, wie 10210 zu 1; woraus folget, daß das Licht auf dem Wege von der Sonne zur Erde 8′ 12″ brauchet. c) Dieses, bemerket Dr. Bradley, ist vermuthlich richtig, weil es das Mittel zwischen 7 und 11 Minuten ist, welche Zeiten man sonst, nach den verschiedenen Beobachtungen der Finsternisse der Jupitersträbanten, herausgebracht hatte. Aus der Vergleichung seiner Beobachtungen an andern Sternen folgerte

komme von C, nebst dem Auge von B, in A zu gleicher Zeit an. Man ziehe CB, und ergänze das Parallelogramm ABCD. Nun sey das Lichttheilchen bis E auf CA gekommen. Zieht man EF parallel mit CB an AB, so ist F der Ort des Auges, wenn das Lichttheilchen in E ist. Läßt man EF parallel mit BC und mit der Geschwindigkeit des Auges fortrücken, so bleibt das Lichttheilchen immer auf derselben. Da die Größe von EF nichts zur Sache thut, so mag EF die Axe eines Fernrohres seyn, und es ist klar, daß das Lichttheilchen, welches bey E in das Rohr tritt, nicht nach der Richtung EF, sondern nach EA sich bewegen müsse, wenn es auf der Axe des Rohres bleiben, und der Stern dem Auge in A in der Axe erscheinen soll. Ungeachtet also der Strahl bey A die Richtung AC hat, so hat doch das Rohr die Richtung AG oder AD, und das Instrument giebt den Ort des Sternes nach AD, nicht nach AC an. Die Länge EF ist zwar für die Geschwindigkeit des Lichtes unendlich klein, aber zugleich ist doch das Fortrücken des Rohres gegen die Länge desselben nicht ganz unbeträchtlich, und daher entsteht ein nicht ganz unbeträchtlicher Aberrations-Winkel CAD.

Aus dem Winkel CAD wird ferner die Veränderung des Sterns, in Absicht auf Länge und Breite, Rectascension und Declination, hergeleitet, wozu man die Formeln bey den neuesten astronomischen Schriftstellern, als de la Caille, de la Lande, findet. K.

c) Wenn BCD zu 40″ gesetzet wird, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes 10313 mal größer, als die Geschwindigkeit der Erde. So hat Bradley am Ende seiner Untersuchungen den Winkel bestimmt. (de la Lande Astron. L. 17. aus den Phil. Transf. nr. 485). Der Winkel BCA (Fig. 67) ist derjenige, welchen die Erde an der Sonne in der Zeit beschreibt, daß das Licht von der Sonne nach der Erde kömmt. Diese Zeit 8′ 7″ ½, wenn BCA 20″ gesetzet wird. K.

gerte er, daß das Licht von der Sonne zur Erde in 8′ 13″ fortgepflanzet werde, und die genaue Uebereinſtimmung ſeiner Beobachtungen verſichere ihn, daß er in der Beſtimmung des Winkels BCD nicht um eine Secunde fehlen könnte, daß alſo die Zeit, welche das Licht von der Sonne bis zur Erde brauchet, durch dieſe Beobachtungen bis auf 5 oder 10 Secunden beſtimmt werden mag, eine Genauigkeit, die man von den Finſterniſſen der Jupiterstrabanten nie hoffen kann.

Melvilles Muthmaßung von der verſchiedenen Geſchwindigkeit der Lichtſtrahlen.

Melville hielt es für wahrſcheinlich, daß die verſchiedentlich gefärbten Strahlen mit verſchiedentlichen Geſchwindigkeiten von dem leuchtenden Körper ausfahren möchten, und glaubte, daß er mit dieſer Hypotheſe in manchen Stücken noch beſſer als mit der Newtonianiſchen, nach welcher ſie aus Theilchen von verſchiedener Größe und Dichtigkeit beſtehen, auskommen könnte. Ihre verſchiedene Brechbarkeit, bemerket er, bleibt bey dieſer Vorausſetzung einerley, und ihre Geſchwindigkeiten werden ſich beynahe [d]) wie die Brechungsſinus aus Luft in Glas verhalten, das iſt, wenn man mit dem äußerſten Roth anfängt, und mit dem äußerſten Violet endiget, wie 78000, 77873, 77797, 77663, 77496, 77330, 77220, 77000, wenn der Einfallsſinus 120120 iſt.

Beantwortung eines Einwurfes.

Den Einwurf, daß die verſchiedenen Empfindungen, welche in der Seele entſtehen, nicht von der verſchiedenen Stärke der Lichtſtrahlen entſtehen können, weil die Farben gleichartiger Strahlen bey dem Durchgange durch verſchiedene Mittel nicht geändert werden, wiewohl ihre Geſchwindigkeit dadurch immer entweder vergrößert oder verringert wird, dieſen Einwurf beantwortet er ſo, daß er ſaget, jeder Strahl, da er zuletzt durch die Feuchtigkeiten des Auges gehen müſſe, das Sehen zu bewerkſtelligen, falle auf die Netzhaut mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit, wie viel Brechungen er auch vorher gelitten haben möge; weil die Geſchwindigkeit jedes Strahls in jedem Mittel zu der Geſchwindigkeit deſſelben in jedem andern in einem unveränderlichen Verhältniſſe ſtehen.

Vorgeſchlagene Probe.

Er ſchlug auch ein Mittel vor, ſeine Vorausſetzung durch die Erfahrung zu prüfen. Denn da nach derſelben die Zeit, welche die äußerſten violetnen Strahlen auf einem gegebenen Wege brauchen, ſich zu der Zeit, welche die äußerſten rothen brauchen, wie 78 zu 77 verhält: ſo müßte das letzte violetne Licht, welches ein Trabante vor ſeinem gänzlichen Eintritt in den Schatten Jupiters zurückſendet, 32 Secunden ſpäter als das zu eben der Zeit zurückgeworfene rothe Licht ins Auge kommen; ſo wie gegentheils bey dem Austritte Roth den Anfang und Weiß den Beſchluß machen müßte. Da der Unterſchied der Zeit mehr als eine halbe Minute beträgt, ſo müßte derſelbe ſich beobachten laſſen.

Courtivrons gleichförmige Hypotheſe iſt der Erfahrung zuwider.

Der Marquis von Courtivron hatte in einer 1752 herausgegebenen Schrift eben dieſe Meinung vorgetragen, und eben dieſelbe Probe zu ihrer Beſtätigung angegeben; allein anſtatt daß Melville die Geſchwindigkeit des rothen Lichts nur um $\frac{1}{77}$ größer ſeyn läßt, als diejenige des violetnen, ſo ſetzt der Marquis, einem Theo-

d) Dieſe beyden Verhältniſſe gehen weit von einander ab, wie Clairaut es in den Phil. Tranſ. vol. 48. p. 777, zeiget. K.

rem zufolge, das Clairaut in seiner Untersuchung über die krumme Linie, welche ein Lichtstrahl durch die anziehende Kraft, nach einem jeden beliebigen Gesetze, beschreibt,[e]) bewiesen hatte, das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten wie 45 zu 44 an. Weil aber, wie Hr. Clairaut meldet, Short aus seinen Wahrnehmungen geschlossen, daß die Erscheinungen nicht einmal mit der Melvillischen Hypothese übereinstimmen, so kann des Marquis seine noch weniger statt finden. [f])

Noch ein Gegenbeweis.

Herr Michell macht die Bemerkung, daß wenn die Verschiedenheit der Farben von der verschiedenen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen herrührte, die Abirrung eines Sterns, in so ferne man ihn durch die violetnen Strahlen sieht, um Ein 77tel größer seyn müßte, als wegen der rothen Strahlen, nämlich nach Melvilles Hypothese, oder um Ein 45tel nach Courtivron; folglich müßte ein Stern in dem Pole der Ekliptik, dessen mittlere Abirrung etwa 20″ beträgt, wie das länglichte Farbenbild durch ein Prisma erscheinen, und in der Länge $\frac{20}{77}$″ oder 17‴ nach der ersten Voraussetzung, oder $\frac{20}{45}$″ oder 27‴ nach der andern, halten. Diese Länge würde durch ziemlich große Fernröhre schon sichtbar seyn; allein man hat dergleichen nicht bemerket.

Gänzlich wider die Erfahrung.

Auch Hr. Clairaut untersuchet, in einer Abhandlung von den Dollondschen Verbesserungen der Fernröhre, die Hypothese, daß die Verschiedenheit der Brechbarkeit von der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen herkomme, findet aber, daß die Brechungen, wie sie nach diesem Grundsatze sich ereignen müßten, von denen wirklichen, wie man sie in der Natur findet, sehr abgehen würden. [g])

Musschenbroeks Gedanken.

Musschenbroek schließt daraus, daß die rothen Strahlen weniger brechbar sind als die andern, daß sie nach ihrer Absonderung von diesen sich langsamer bewegen, wiewohl er aus astronomischen Beobachtungen gezwungen ist zuzugeben, daß sie mit andern Strahlen vermischt, gleich geschwinde mit ihnen fortgehen. Uebrigens glaubet er nicht, daß die Farbe von der Geschwindigkeit der Strahlen abhange, aus dem Grunde, weil bey ihrem Durchgange durch ein neues Medium, da die Geschwindigkeit sich ändert, auch ihre Farbe sich ändern müßte. [h]) Er dachte aber nicht an dasjenige, was erst nach Hrn. Melville angeführet ist, daß durch welcherley Mittel auch ein Strahl gehen mag, er am Ende doch auf der Netzhaut, da er durch dieselben Feuchtigkeiten des Auges gehen muß, mit derselben Geschwindigkeit anlangt.

Die Farben hängen nicht von der Geschwindigkeit der Strahlen ab.

Zu bemerken ist aber, daß aus Dollonds unten zu erzählenden Versuchen offenbar erhellen wird, daß die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen von Eigenschaften abhängt, die mit der Geschwindigkeit derselben nichts zu thun haben, weil das Verhältniß der Brechbarkeit nach Beschaffenheit der Körper, worauf das Licht fällt, verschieden ist.

Ich

e) Mem. de l'Acad. de Paris, 1738. pag. 350.

f) Phil. Tranſ. vol. 48. p. 777. (Melvilles und des Marquis Hypotheſen ſind eigentlich einerley; jener aber hat unrichtig gerechnet, dieſer richtig. K.)

g) Hiſt. de l'Ac. de Paris, 1756. p. 194.

h) Introductio, vol. 2, p. 725.

Ich füge dieſem Abſchnitte noch folgenden neuen Beweisgrund bey, welchen Hr. Euler für die Copernicaniſche Weltordnung aus der allmähligen Fortpflanzung des Lichtes hernimmt. Er zeiget nämlich, daß ungeachtet aus der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe keine merkliche Veränderung in den beobachteten Stellen der Himmelskörper erfolgen kann, dennoch aus einer ſo höchſt ſchnellen Bewegung, als das Ptolemäiſche Syſtem den Fixſternen giebt, eine ſehr beträchtliche entſtehen müßte. Ungeachtet Hr. Euler das Licht in den Schwingungen eines ätheriſchen Mittels beſtehen läßt, ſo ſtellet er ſeine Rechnungen doch ſowohl nach ſeiner, als der Newtonianiſchen Hypotheſe an, und zeigt, in welchen Stücken die Reſultate von einander abgehen würden; wiewohl dieſer Unterſchied, ſaget er, zu klein iſt, als daß die Frage ſich daraus entſcheiden ließe. *i*)

Beweisgrund für die Copernicaniſche Weltordnung.

Dritter Abſchnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen, die Zurückwerfung des Lichtes betreffend.

Erſtes Kapitel.

Beobachtungen über die Zurückwerfung des Lichtes von der Oberfläche der Körper.

Das beſte, was ich dem Leſer über den Gegenſtand dieſes Abſchnittes vorlegen kann, hat man dem Herrn Bouguer zu danken, eben dem Gelehrten, der in Geſellſchaft mit Ulloa, Condamine und andern, die Reiſe nach Peru unternahm, daſelbſt einen Grad der Breite unter dem Aequator auszumeſſen, und der uns auch eine Beſchreibung dieſer Reiche geliefert hat. Kein Naturkündiger hat ſeit Newtons Zeiten die Lehre vom Lichte ſo ſorgfältig unterſuchet, als eben Hr. Bouguer, und nach den Bemühungen jenes großen Philoſophen ſcheinen ſeine am glücklichſten ausgefallen zu ſeyn. Die Abſicht ſeiner ſinnreichen und genauen Verſuche war, die Stärke des Lichtes, ſowohl des von den Körpern ausfahrenden, als zurückgeworfenen oder gebrochenen zu meſſen. Die erſte Veranlaſſung dazu war ein Aufſatz vom Mairan in den Schriften der Pariſer Akademie von 1721, in welcher das Verhältniß des Sonnenlichtes zur Zeit des einen und andern Stillſtandes als bekannt angenommen wurde. Seine lobenswürdige Bemühung, das, was man bis dahin als ausgemachet angenommen hatte, zu prüfen, leitete ihn zu mancherley Verſuchen, und eröffnete ihm, ſo wie der Welt, ein neues Feld optiſcher Kenntniſſe. Seine erſte Arbeit in dieſem Felde erſchien unter dem Titel, Eſſai d'Optique, *a*) und ward mit allgemeinem Beyfall aufgenommen. In der Folge entwarf er, bey noch tieferer Unterſuchung der Materie, den Plan zu einem weit größern Werke, das auch vielmehr Verſuche

Bouguers Verdienſte um die Ausmeſſung des Lichtes.

i) Comm. Petrop. vol. 2. p. 174. 193. *a*) Im Jahre 1729. in 12mo. R.

erforderte; allein wegen mancherley Abhaltungen konnte er seine Arbeit nicht so früh zu Stande bringen, als er es sich vorgenommen hatte, so daß sie bey seinem 1758 erfolgten Tode nur eben fertig geworden war. Die Herausgabe dieses Werkes, welches 1760 zu Paris, unter dem Titel, Traité d'Optique, [b]) herausgekommen ist, besorgte sein Freund, de la Caille.

Seine Vorsichtigkeit bey den Versuchen.

Gleich der Eingang des Werkes erwecket das angenehmste Zutrauen zu den Versuchen des Verfassers, indem er darinn die mancherley Anstalten beschreibt, die er gemacht, um seine Versuche aufs genaueste und vorsichtigste anzustellen, und wodurch er, allem Anscheine nach, sich gegen jeden Fehler, insbesondere gegen die Einwürfe verwahrt haben muß, denen die wenigen vor ihm gemachten ähnlichen Versuche ausgesetzt gewesen waren. Um die verschiedene Stärke des Lichtes zu messen, wußte er die Körper, welche es aussendeten, oder davon erleuchtet wurden, so zu stellen, daß er sie zu gleicher Zeit deutlich betrachten konnte, und veränderte entweder die Entfernungen dieser Körper, oder modificirte ihr Licht auf andere Art so lange, bis er keinen Unterschied mehr daran wahrnehmen konnte. Aus ihren Entfernungen, oder andern Umständen, welche auf die Erleuchtung einen Einfluß hatten, berechnete er alsdenn das Verhältniß der Erleuchtung in denselben Entfernungen oder unter denselben Umständen.

Beyspiele seiner Versuche über die Zurückwerfung.

fig. 69.

Einen hinlänglich deutlichen Begriff von dem Verfahren des Hrn. Bouguer, das zurückgeworfene Licht zu messen, wird der Leser aus der Beschreibung einer und der andern Art desselben erhalten. Die Größe des Verlustes am Lichte bey der Zurückwerfung zu erfahren, setzte er den Spiegel B, mit welchem der Versuch sollte angestellet werden, völlig senkrecht, stellte zwey Täfelchen, die genau von einerley Farbe oder gleich weiß waren, in einer vollkommen parallelen Lage mit einander in E und D, [c]) und lies das Licht einer Lampe oder Kerze, die auf der geraden Linie E D zwischen ihnen gestellet war, auf beyde fallen. Darauf stellte er sich in A so, daß er das Täfelchen E und das Bild des Täfelchen D, welches der Spiegel B zurückwarf,

b) Traité d'Optique sur la gradation de la lumiere &c. 368. S. gr. 4. mit 7. Kupf. Es ist auch zu Wien 1762 ins Lateinische übersetzet herausgekommen. Merkwürdig ist es, daß von diesem, erst in unsern Zeiten ausgearbeiteten Haupttheile der Optik, zugleich mit dem französischen Werke auch in Deutschland ein System erschienen, nämlich des Hrn. Lamberts Photometria, siue de mensura et gradibus luminis, colorum et vmbrae. Augustae Vindelicorum, 1760. 547. S. 8 mit 8. K. In Absicht auf das Aeußerliche des Buches und die Leichtigkeit des Vortrages möchte wohl das französische Werk vor dem Deutschen einen Vorzug haben, wie dieses oft der Fall zwischen uns und unsern Nachbarn an der andern Seite des Rheins ist; allein dagegen möchte wohl das Deutsche an systematischer Gründlichkeit und Vollständigkeit, an tieferer mathematischer Berechnung, auch sogar an Erfindung und Benutzung der dienlichen Versuche sehr gewinnen — Hr. Priestley hat von dem Lambertinischen Werke keinen Gebrauch machen können, weil er, wie er in einer am Ende angehängten Nachricht meldet, aller Mühe ungeachtet es nicht erhalten gekonnt hat. K.

c) und gleichweit von C, wo die verlängerte Ebene des Spiegels die Linie ED schnitte. K.

rückwarf, zu gleicher Zeit hart neben einander erblickte. Hierauf lies er die Lampe längſt der Linie ED ſo lange verrücken, bis beyde Flächen ihm völlig gleich erleuchtet ſchienen. Nun hatte er nichts weiter zu thun, als die Entfernungen EP und DP zu meſſen, deren Quadrate nämlich das Verhältniß der Verminderung des Lichtes durch die Zurückwerfung angeben. Denn wenn der Spiegel alles auffallende Licht wieder zurückſendete, ſo müßte die Lampe in C, in gleicher Entfernung von beyden Täfelchen geſetzt worden ſeyn, wenn beyde gleich ſtark erleuchtet ſcheinen ſollten. Weil aber durch die Zurückſtrahlung viel Licht verlohren geht, ſo können beyde Flächen nicht gleich helle ſcheinen, woferne nicht die Lampe näher an das Täfelchen, das durch zurückgeworfenes Licht ſichtbar wird, zu ſtehen kömmt.

Wenn das Licht ſehr ſchief auf den Spiegel fallen ſollte, ſo erwählte er folgendes Verfahren. Die Lampe oder die Kerze P ward nahe bey dem Spiegel B entweder darüber oder ein wenig zur Seiten geſtellet, und die Täfelchen D und E faſt ſenkrecht davon erleuchtet. Jenes ſahe man durch die Zurückſtrahlung im Spiegel, welche unter einem kleinen Winkel geſchah, dieſes durch das gerade daher kommende Licht, hart neben dem Bilde des erſtern. Darauf ward das Täfelchen E ſo lange von dem Spiegel weggerücket, bis daß es nicht heller ſchien, als das Bild des Täfelchens D. Die Quadrate der Entfernungen PE und PD geben das Verhältniß der Stärke des auffallenden und zurückgeworfenen Lichtes an. fig. 70.

Es iſt kaum nöthig zu bemerken, daß bey dieſen Verſuchen kein Licht als von dem Täfelchen D auf den Spiegel fallen durfte, daß das Auge des Beobachters im Schatten war, und daß jede ſonſt nöthige Vorſicht beobachtet wurde, die Folgerungen unzweifelhaft zu machen.

Um den Verluſt des Lichtes durch die Zurückſtrahlung aufs genaueſte zu beſtimmen, lies Bouguer zween Lichtſtrahlen in ein verfinſtertes Zimmer fallen, nämlich durch die Oeffnungen P und Q, die er ſo angebracht hatte, daß er ſie höher oder niedriger, größer oder kleiner machen konnte, und ſtellte in O einen Spiegel horizontal, oder auch ein Gefäs mit einer flüßigen Materie, wovon das durch P einfallende Licht nach R auf dem Rahmen GH hingeworfen ward. Hier verglich er es mit dem Lichte, das durch das Loch Q auf S fiel, und machte dieſes Loch ſo viel kleiner als P, daß die Räume bey R und S gleich ſtark erleuchtet waren. Aus dem Verhältniſſe der Oeffnungen P und Q berechnete er die Größe des Verluſtes durch die Zurückwerfung bey O. [d]) fig. 72.

Ehe ich aber die Reſultate ſeiner Verſuche von dem Verluſte, den das Licht durch die Zurückwerfung unter mancherley Umſtänden leidet, erzähle, will ich erſt einige Erfahrungen anführen, welche von Büffon vor Bouguer über eben dieſe Sache, wie auch über den Verluſt, den das Licht auf dem Durchgange durch eine lange Strecke Luft leidet, zu der Zeit gemacht hat, da er ſeine Maſchine in großen Weiten zu zünden verfertigte.

Dieſer

d) Traité d'Optique, p. 17. 19. 28.

Von Büffons Versuche.

Dieser lies das Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer fallen, und verglich es mit eben diesem Lichte, das von einem Spiegel zurück geworfen ward, woraus er schloß, daß in kleinen Entfernungen, als von vier bis fünf Fuß, ungefähr die Hälfte durch die Zurückstrahlung verlohren gienge. Denn wie er zween zurück geworfene Strahlen auf denselben Fleck leitete, und ihr Licht mit dem gerade auffallenden verglich, schien ihm beydes gleich stark zu syn.

Wie er das Licht in größern Weiten, als 100, 200 und 300 Fuß auffieng, verlohr es, soviel er bemerken konnte, von seiner Intensität nichts dadurch, daß es durch so viel Luft gehen mußte.

Eben diesen Versuch stellete er hernach mit Kerzen auf folgende Art an. Er setzte sich, in einem vollkommen dunkeln Zimmer, einem Spiegel gegen über mit einem Buche in der Hand. In einem daran stoßenden Zimmer lies er, etwa 40 Fuß weit, eine einzige Kerze anzünden, und sie allmählig näher bringen, bis daß er die Buchstaben in dem Buche unterscheiden konnte, welches in einer Entfernung von 24 Fuß der Kerze von dem Buche geschah. Darauf kehrte er das Buch gegen den Spiegel, um vermittelst eben dieses zurück geworfenen Lichtes zu lesen, wobey er alles Licht ausschloß, was nicht von dem Spiegel auf das Buch fiel, und fand, daß er, um die Buchstaben erkennen zu können, das Licht dem Buche bis auf 15 Fuß nähern lassen mußte, in welche Entfernung beyder die Weite des Buches vom Spiegel, so nur ein halber Fuß war, einzuschließen ist. Er wiederhohlte den Versuch einigemal, und fand fast immer den nämlichen Erfolg, woraus er also schloß, daß die Menge des gerade auffallenden Lichtes sich zu der Menge des zurück geworfenen wie 576 zu 225 verhielt, oder daß fünf Kerzen, deren Licht von einem Glasspiegel zurück geworfen wird, ungefähr so viel Wirkung thun, als das gerade auffallende von zwoen Kerzen.

Es erhellet aus diesen Versuchen, daß das Kerzenlicht durch die Zurückwerfung mehr Verlust leidet, als das Sonnenlicht, welches von Büffon dem Umstande zuschreibt, daß jenes mehr auseinander fährt, und daher schiefer auf den Spiegel fällt, als das Licht der Sonne, deren Strahlen fast parallel sind. c)

Bouguer von der Zurückwerfung des Glases.

Diese Versuche des Hrn. von Büffon sind ganz artig, sie reichen aber doch lange nicht an die vom Hrn. Bouguer angestellten, sowohl in Absicht auf die Umständlichkeit als Genauigkeit. Von diesen will ich nun zuerst diejenigen anführen, welche er zu dem Ende machete, daß er den Unterschied der Lichtmenge, welche Glas und polirtes Metall zurück wirft, bestimmen möchte. Er nahm ein recht reines Stück Glas, eine Linie dick, welches er dazu besonders foliiren lies, und fand, daß, wenn es unter einem Winkel von 15 Grad gegen die auffallenden Strahlen geneigt war, von 1000 auffallenden 628 zurück gesandt wurden, da hingegen ein metallener Spiegel, unter denselben Umständen nur 561 zurück gab. Bey einem kleinern Neigungswinkel ward mehr Licht zurück gesandt; denn bey einem Winkel von drey Grad

c) Mem. de l'Acad. de Par. 1747. p. 123.

Grad warf der gläſerne Spiegel 700 zurück, der metallene ſchwächte das Licht auch weniger, als vorher. *f*)

Er unterſuchete auch die Zurückſtrahlung unpolirter Körper, und fand, daß ein Stück weißen Gyps, auf welches die Strahlen einer 9 Zoll davon entfernten Kerze, unter einem Winkel von 75 Grad, fielen, den 150ſten Theil des auffallenden Lichtes auf eine 3 Zoll entfernte Fläche zurück ſendete. Feines weißes Papier verhielt ſich gleichmäßig. *g*) des weißen Gypſes.

Bey dem Verfolge ſeiner Unterſuchungen über die Zurückwerfung des Lichtes, ſchicket er folgende zween Lehrſätze voran, welche er geometriſch beweiſt. Der erſte: wenn der leuchtende Körper unendlich weit entfernt iſt, und eine vollkommen polirte Kugel, die gar kein Licht verſchlucket, davon erleuchtet wird, ſo wirft dieſe Kugel das Licht nach allen Seiten herum in gleicher Stärke zurück, wofern man es in einer ſehr weiten Entfernung auffängt. Hiervon wird bloß der Raum ausgenommen, in welchen der Schatten der Kugel fällt, den man aber gegen den unermeßlichen Umfang der ſphäriſchen Fläche, auf welcher das zurück geworfene Licht verbreitet wird, wie nichts zu rechnen hat. *h*) Der zweyte: es wird nach einer gewiſſen Richtung immer gleich viel Licht zurück geworfen, es mag von einer großen Menge neben einander liegender kleiner polirter Halbkugeln, oder von einer kleinern Menge größerer Halbkugeln, oder endlich von einer einzigen Halbkugel, zurück geſandt werden, wenn ſie nur jedesmal dieſelbe Grundfläche bedecken. *i*) Dieſe Lehrſätze nützet er dazu, zu beurtheilen, ob der Verluſt des Lichtes bey der Zurückwerfung hauptſächlich von einer Vernichtung der Strahlen herrührt; oder daher entſteht, daß die kleinen Hügelchen oder Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper nicht wie kleine Halbkugeln betrachtet werden können. Zween photometriſche Lehrſätze.

Zuerſt bemerket er, daß bey der Zurückwerfung des Lichtes vom Queckſilber wenigſtens ein Viertheil verlohren geht, und daß vermuthlich kein Körper weniger Licht verſchlucke. Der Einfallswinkel betrug $11\frac{1}{2}$ Grad, worunter er, wie er ausdrücklich erinnert, den Winkel der Strahlen mit der Fläche, nicht mit dem Perpendikel, verſteht. *k*) Queckſilber verſchlucket wenigſtens ein Viertheil des auffallenden Lichtes.

Die merkwürdigſten hieher gehörigen Beobachtungen ſind die, welche den großen Unterſchied der Menge des zurück geworfenen Lichtes zeigen, nachdem es unter einem kleinern oder größern Winkel auffällt. *l*) Ueberhaupt, ſaget er, iſt bey kleinen Neigungswinkeln die Zurückſtrahlung ſtärker, als bey größern. Sehr groß iſt der Unter- bey kleinen Neigungswinkeln wird mehr Licht zurückgeworfen.

f) Traité d'Optique, p. 57.
g) Ibid. p. 69.
h) Ibid. p. 109.
i) Ibid. p. 113.
k) Ibid. p. 124. Ich werde den Ausdruck Neigungswinkel brauchen, wo der Winkel des Strahls mit der Fläche zu verſtehen iſt. Hr. Lambert brauchet den Ausdruck, Einfallswinkel, auch wie Bouguer, und nennt Neigungswinkel, was man ſonſt Einfallswinkel nennt. K.)
l) Boscovich bemerket, daß die Urſache, weswegen von dem auf eine Oberfläche fallenden Lichte bey ſehr ſchiefen Neigungswinkeln mehr zurück geworfen wird, dieſe ſey, daß alsdenn die Geſchwindigkeit nach der ſenkrechten Linie kleiner iſt; daher alsdenn die Kraft, welche ſich an der Oberfläche äu-

Unterſchied, wenn die Strahlen mit verſchiedenen Neigungen auf ſehr durchſichtige Körper fallen; allein auch an gewiſſen undurchſichtigen Körpern iſt er faſt eben ſo groß, und es iſt kein Körper, bey dem er ſich nicht äußerte. Am meiſten zeigte er ſich an ſchwarzen Marmor, der zwar nicht eine vollkommene Politur hatte, und doch unter einem Neigungswinkel von 3 Gr. 35 M. faſt eben ſo viel Licht, wie Queckſilber, zurückwarf. Von 1000 Strahlen, die darauf fielen, warf er 600 wieder zurück; allein bey einem Neigungswinkel von 15 Gr. warf er nur 156 zurück; bey 30 Graden nur 51, und bey 80 Graden nur 23. Dergleichen Verſuche ſtellete er auch mit metallenen Spiegeln an, bey welchen ſich aber weit geringere Unterſchiede zeigten. m)

Zurückwerfung vom Waſſer.

Der große Unterſchied der Lichtmenge, welche von der Oberfläche des Waſſers, unter verſchiedenen Neigungswinkeln zurückgeſandt wird, iſt wirklich unerwartet; am meiſten aber fällt er in die Augen, wenn man die kleinſten Neigungswinkel mit ſolchen vergleicht, die dem rechten nahe kommen. Er glaubte ſogar zu bemerken, daß bey ſehr kleinen Neigungswinkeln Waſſer noch mehr Licht zurückwürfe, als Queckſilber. Indeſſen mochte es wohl weniger ſeyn, allein der Unterſchied iſt ſchwer zu beſtimmen. Bey den kleinſten Neigungswinkeln war das vom Waſſer zurückgeworfene Licht drey Viertheile des auffallenden.

Jeder wird, fährt er fort, dieſe ſtarke Zurückſtrahlung von der Oberfläche des Waſſers bemerket haben, wenn er an dem Rande eines Teiches, der Sonne gegen über, bey einem heitern und ſtillen Wetter ſpaßieren gegangen iſt. Alsdenn iſt das zurückgeworfene Licht manchmal der dritte Theil, die Hälfte, oder ſelbſt noch ein größerer Theil des gerade von der Sonne herkommenden Lichtes, und beydes zuſammen muß nothwendig einen ſtarken Eindruck machen. Das gerade Sonnenlicht nimmt in einem gewiſſen Verhältniſſe ab, je niedriger die Sonne ſteht, da hingegen das zurückgeworfene zunimmt, ſo, daß es eine gewiſſe Höhe der Sonne, nämlich 12 bis 13 Grade, giebt, bey welcher die vereinte Wirkung beydes Lichtes ein Größtes iſt.

Gegentheils iſt die Zurückſtrahlung vom Waſſer bey großen Neigungswinkeln ſehr ſchwach. Bouguer ſaget, von dem faſt ſenkrecht auffallenden Lichte werfe Waſſer gewiß etwa nur den 37ſten Theil ſo viel als Queckſilber in dem nämlichen Falle zurück, und es mache, nach allen Beobachtungen, das zurückgeworfene Licht in dieſem Falle nur den 60ſten oder vielmehr 55ſten Theil des auffallenden aus. Bey einer Neigung von 50 Grad wirft Waſſer etwa den 32ſten Theil ſo viel als Queckſilber zurück; bey einer Neigung aber von 39 Grad ſchon zweymal mehr, nämlich den 16ten Theil deſſen, was Queckſilber zurückwirft. n)

Zum

ſiert, leichter, und an mehrern Lichtpartikeln ihre Geſchwindigkeit vernichten, und ſie zum Zurückgehen bringen kann. Theoria, p. 329. (Wenn aber die Strahlen parallel mit der Oberfläche werden, ſo äußert ſich weder Zurückwerfung noch Brechung. K)

m) Traité d'Optique, p. 125.

n) Ibid. p. 133.

Zum gemeinſchaftlichen Maaße, die Menge des von allerhand flüßigen Körpern zurückgeworfenen Lichtes damit zu vergleichen, nahm er Waſſer, als das bequemſte, und verfertigte theils aus Beobachtungen, theils durch Rechnung, folgende Tafel der Lichtmengen, welche die Oberfläche des Waſſers, unter beygeſetzten Neigungswinkeln, zurückſendet.

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen
½	721	5	501	17½	178	50	22
1	692	7½	409	20	145	60	19
1½	669	10	333	25	97	70	18
2	639	12½	271	30	65	80	18
2½	6.4	15	211	40	34	90	18

Auf eben die Art verfertigte er auch eine Tafel der Lichtmengen, welche Spiegelglas, das aber nicht foliirt iſt, zurückſendet. o) Zurückwerfung vom Glaſe.

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen
2½	584	15	299	50	34
5	543	20	222	60	27
7½	474	25	157	70	25
10	412	30	112	80	25
12½	356	40	57	90	25

Gießt man etwas Waſſer auf Queckſilber, ſo müſſen von jedem Gegenſtande zwey Bilder, vermittelſt der Zurückſtrahlung, zu ſehen ſeyn, eines nämlich durch die von der Oberfläche des Waſſers, das andere durch die von der Oberfläche des Queckſilbers. Bey großen Neigungswinkeln verſchwindet das Bild von der Oberfläche des Waſſers, weil es zu wenig Licht ins Auge ſendet, und man ſieht nur das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers. Je ſchiefer man das Auge gegen die Oberfläche des Waſſers hält, deſto heller wird das von dem Waſſer verurſachete Bild, und das von dem Queckſilber deſto ſchwächer, (weil das Waſſer alsdenn mehr Strahlen zurückſendet, folglich deſto weniger auf das Queckſilber fallen, und von demſelben zurückgeworfen werden können) bis daß bey einem Neigungswinkel von 10 Grad beyde Bilder gleich helle ſind. p) Unter dieſem Winkel werden nämlich nach der vorhergehenden Tafel von 1000 Strahlen 333 zurückgeworfen; von den Verſuch mit Queckſilber und Waſſer zugleich.

o) Traité d'Optique, p. 137. p) Ibid. p. 139.

übrigen, die durchgehen, bleiben nach der Zurückwerfung an der Fläche des Queckſilbers nur 500, von welchen bey dem Herausfahren durch die Zurückwerfung in das Waſſer hinein, endlich nur 333 bleiben, um das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers zu machen.

Starke Zurückwerfung der Strahlen, die aus Waſſer in Luft gehen wollen.

Einige, und insbeſondere Hr. **Edwards**, in den Philoſ. Tranſ. vol. 53. p. 229. haben bemerket, daß mit den Strahlen, die aus Waſſer in Luft fahren wollen, eine ſtarke Zurückwerfung vorgeht; auch haben Leute, die ſich unter Waſſer befunden, die Bilder der Dinge unter dem Waſſer beſonders ſchön und deutlich geſehen: indeſſen hatte man bis dahin auf dieſen Umſtand nicht genug Acht gegeben, bis daß **Bouguer** ihn genauer unterſuchte, der an dieſer Erſcheinung viel merkwürdiges fand. In dem gegenwärtigen Falle, ſaget er, wird von den kleinſten Neigungswinkeln an, bis zu einem gewiſſen Winkel, der größte Theil der Strahlen, vielleicht eben ſo ſtark, als von der Oberfläche metallener Spiegel oder Queckſilbers, zurückgeworfen, q) und das übrige, welches nicht in die Luft geht, ausgelöſchet oder verſchlucket, ſo, daß die Oberfläche des durchſichtigen Körpers inwendig ganz dunkel erſcheint. Wird der Neigungswinkel um ein paar Grade größer, ſo höret die ſtarke Zurückwerfung gleich auf, ein großer Theil der Strahlen entwiſchet in die Luft, und wenige nur werden verſchlucket, oder matt gemachet. So wie der Neigungswinkel zunimmt, wird des zurückgeworfenen Lichtes immer weniger, und die faſt ſenkrecht auffallenden Strahlen fahren beynahe alle aus dem durchſichtigen Körper heraus, deſſen Oberfläche faſt alle ihre Kraft, das Licht zu verſchlucken, verliert, und faſt eben ſo durchſichtig wird, wie ſie es von der andern Seite iſt, oder wenn ſie von außen das Licht bekömmt. r)

Die Oberflächen der Körper vernichten einen Theil des Lichtes.

Dieſe Eigenſchaft, das Licht zu verſchlucken, oder matt zu machen, welche an den Oberflächen durchſichtiger Körper ſich findet, iſt in der That merkwürdig, und iſt, wie es ſcheint, von Niemanden vor Bouguer bemerket worden. Es iſt ſchon oben als eine Muthmaßung **Newtons** angeführet worden, daß die Lichtſtrahlen bloß durch den Anſtoß gegen die dichten Theilchen der Körper entkräftet werden möchten; allein dieſe Bemerkungen des Hrn. Bouguer zeigen, daß es ſich ganz anders verhält, und daß man dieſes Ereigniß nicht den dichten Theilchen der Körper zuzuſchreiben habe, deren in einem langen Striche Waſſers mehrere, als eben bey dem Ausgange aus Waſſer in Luft ſeyn müſſen. Vielmehr muß es von einer bloß an

q) Dieſes muß ſich nothwendig ereignen, wenn der Sinus des Einfallswinkels aus Waſſer in Luft gegen den Sinus totus größer iſt, als in dem Verhältniſſe von 3 zu 4, welches das Brechungsverhältniß aus Waſſer in Luft iſt. Sonſt würde der Brechungsſinus größer ſeyn, als der Sinus totus, das doch unmöglich iſt. In dieſem Falle müſſen alſo alle Strahlen, die nicht etwa verſchlucket werden, zurückgehen. (Die ſtärkere Zurückwerfung, wenn das Licht aus dem dichtern Mittel in das dünnere übergehen will, als wenn es aus dieſem in jenes geht, kann man daher, wenigſtens bildlich, erklären, daß das dichtere Mittel mehr Kraft beſitzt, das Licht von ſeinem Wege abzulenken. S. Lamberts Photometrie § 327, in welcher die Vergleichung des zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichtes auf eine ſehr ſinnreiche und vollſtändige Art ausgeführet iſt. K.)

r) Traité d'Optique, p. 145.

an der Oberfläche der Körper befindlichen Kraft herrühren, welche demnach vermuthlich einerley mit derjenigen iſt, welche das Licht zurückwirft, es bricht oder beuget. s)

Eine der erwähnten Beobachtungen, nämlich, daß unter gewiſſen Neigungswinkeln das Licht ſehr ſtark von der Luft weg in das dichtere Mittel zurückgeworfen wird, hat man ſonſt ſchon häufig gemachet; beſonders an gläſernen Prismen, welche Newton deswegen ſtatt eines Reflectirſpiegels in ſeinem Teleſkop brauchete. Denn, wenn die Strahlen innerhalb dieſer Prismen unter einem Winkel von 10, 20 bis 30 Grad auf die gemeinſchaftliche Fläche des Glaſes und der Luft fallen, ſo iſt die Zurückſtrahlung faſt ſo ſtark, als an der Oberfläche des Queckſilbers, indem ein Drittheil oder ein Viertheil der Strahlen ausgelöſchet, und zween Drittheile oder drey Viertheile zurückgeworfen werden. Dieſes dauert faſt gleich ſtark bis zu einem Neigungswinkel von 49° 49′ (das Brechungsverhältniß der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit 31 zu 20 geſetzet) da bey einem um einen einzigen Grad größern Winkel die Menge des zurückgeworfenen Lichtes plötzlich abnimmt, und ein großer Theil der Strahlen aus dem Glaſe fährt, ſo daß die Oberfläche mit einemmale durchſichtig wird.

Alle durchſichtige Körper haben dieſelbe Eigenſchaft, mit dem Unterſchiede, daß der Neigungswinkel, wo die ſtarke Zurückwerfung aufhöret, in einigen größer, in andern kleiner iſt. Im Waſſer iſt dieſer Winkel etwa 41° 32′, und in jedem andern Mittel hängt er von dem unveränderlichen Brechungsverhältniſſe ab, ſo daß man daraus dieſe Erſcheinung, wenigſtens was die zufällige Undurchſichtigkeit der Oberfläche betrifft, erklären kann. t)

Die Menge des von der innern Fläche zurückgeworfenen Lichtes bey großen Neigungswinkeln zu meſſen, fand unſer Verfaſſer erſt große Schwierigkeiten, hauptſächlich wegen der mancherley Veränderungen, die das Licht litt, ehe es in ſein Auge kam; doch fiel er zuletzt auf eine Vorrichtung, durch welche er herausbrachte, daß bey einem Neigungswinkel von 75 Grad die innere Zurückwerfung im Glaſe das Licht 27 bis 28 mal verminderte; da hingegen bey der Zurückwerfung an der äußern Fläche bey demſelben Neigungswinkel nur der 36ſte Theil der Strahlen ins Auge kam, ſo daß die innere Zurückwerfung etwas ſtärker als die äußere iſt. Bisweilen fand er die Zurückwerfungen beyde gleich ſtark, gewöhnlich aber doch die innere etwas ſtärker als die äußere. u) Meſſung der inwendigen Zurückſtrahlung.

Zur Fortſetzung der Unterſuchungen über die Verminderung des Lichtes, die bey der ſchiefen Zurückwerfung von unpolirten Körpern entſteht, verglich er die Erſcheinun- Zurückwerfung von unpolirten Körpern.

s) Von dieſer Eigenſchaft der Oberflächen der Körper, das Licht zu verſchlucken oder auszulöſchen, werden in dem nächſten Abſchnitte noch andere Beweiſe angeführet werden.

t) Traité d'Optique, p. 146. (Daß die Strahlen, die unter einem gewiſſen Winkel aus Waſſer in Luft gehen wollen, zurückgeworfen werden, hat Kepler ſchon bemerket. Dioptr. Prop. 13. A.)

u) Ibid. p. 153. (Weit genauer in der Lambertiſchen Photometrie, P. 2. A.)

ſcheinungen bey gerade und ſchief auffallendem Lichte. Er nahm ſehr ſauber mattgeſchliffene Silberplatten, die weißer als das ſchönſte Papier waren, ſtellete die eine 60 Zolle weit vom Lichte, unter einem Winkel von 75 Gr. gegen die Lichtſtrahlen, ſo mußte er die andere, welche das Licht ſenkrecht erhielt, 67 Zolle vom Lichte entfernen, damit jene ihr an Weiße gleichkommen möchte. Dieſen Verſuch nahm er auch unter andern Winkeln vor, und verfuhr mit ſehr weißem Gyps und holländiſchem Papiere eben ſo. Die Reſultate ſeiner Beobachtungen ſind in folgender Tafel enthalten, in welcher die Stärke des Lichtes, welche die Fläche bey ſenkrecht auffallenden Strahlen hat, durch 1000 ausgedrücket iſt. *v*)

Neigungswinkel	Stärke des zurückgeworfenen Lichtes von		
Grade	matt polirtem Silber	Gyps	holländiſch. Papier
90	1000	1000	1000
75	802	762	971
60	640	640	743
45	455	529	507
30	319	352	332
15	209	194	203

Brechung der Ungleichheiten auf der Oberfläche des Silbers ꝛc.

Wenn man ſich die Ungleichheiten auf der Oberfläche der undurchſichtigen Körper als eine Menge kleiner auf alle Arten geneigter Ebenen vorſtellet, ſo ſieht man aus dieſen Beobachtungen, daß es dergleichen weniger giebt, die das Licht bey kleinen Neigungswinkeln zurückſenden, als bey großen. Bouguer berechnet das Verhältniß der Mengen der kleinen Flächen, welche das unter verſchiedenen Neigungen auf die Hauptfläche auffallende Licht ſenkrecht auffangen und zurückſenden, wie folgende Tafel zeiget. *w*)

Neigung der kleinen Flächen gegen die große	Vertheilung der kleinen Ebenen, aus welchen die Ungleichheiten beſtehen, in		
	Silber	Gyps	holl. Papier
0 Gr.	1000	1000	1000
15	777	736	937
30	554	554	545
45	333	374	358
60	161	176	166
75	53	50	52

Dieſe

v) Traité d'Optique, p. 165. *w*) Ibid. p. 168.

Dieſe Veränderungen in der Anzahl der kleinen Ebenen ſtellet er durch die Ordinaten einer krummen Linie dar, und unterſuchet darauf geometriſch, wie die Wirkung ausfallen würde, wenn der Körper nach einer Richtung erleuchtet, und nach einer andern geſehen würde; und löſet hieraus verſchiedene artige Probleme auf, z. E. wenn die Lage des Auges gegeben iſt, den Winkel zu finden, unter welchem der Körper gegen das Licht geneigt werden muß, um das meiſte mögliche Licht zurückzuwerfen; oder, wenn die Lage des leuchtenden Körpers gegen eine matt polirte Fläche gegeben iſt, die Richtung zu finden, auf welcher das Auge ſich befinden muß, damit die Stärke des zurückgeworfenen Lichtes ein Größtes ſey. Es würde mich aber zu weit in die Geometrie hineinführen, wenn ich dem Verfaſſer durch alle dieſe Unterſuchungen folgen wollte.

Licht von den Planeten.

Weil einige Planeten, unter andern Venus und der Mond, wie dieſer genaue Beobachter bemerket, gegen den Rand zu heller, als um den Mittelpunct ſcheinen, ſo ſchließt er daher, aus der angeführten Theorie, daß die Körper auf denſelben eine andere Beſchaffenheit, als die auf unſerer Erde haben, und daß ihre undurchſichtigen Oberflächen aus kleinen Ebenen beſtehen müſſen, welche gegen die Hauptfläche anders geneigt ſind, als bey den Körpern auf unſerer Erde; wie auch, daß es auf ihnen eine unendliche Menge von Puncten giebt, die genau gleichen Glanz beſitzen. x)

Größe der kleinen reflectirenden Ebenen.

Darauf machet ſich unſer Verfaſſer an die Beſtimmung der Größe der Oberfläche, welche die kleinen Ebenen nach jeder beſondern Neigung einnehmen. Dieſe leitet er aus der Menge des Lichtes her, welches jede auf gleiche Art geneigte Ebenen zurückſenden; wobey er diejenigen, die gegen die Hauptebene mehr geneigt ſind, verhältnißweiſe weniger Raum einnehmen läßt. Aus der Vergleichung der Lichtmenge, welche ſehr weißer Gyps nach dieſer Rechnung zurückſenden ſollte, wenn er unter einem Winkel von 75 Grad gegen die Lichtſtrahlen geneigt iſt, und derjenigen, welche er wirklich zurückſendet, findet er, daß er, ſeiner glänzenden Weiße ungeachtet, doch viel Licht verſchlucket. Denn da von 10000 auffallenden Strahlen 166 oder 167 zurückgeworfen werden ſollten, ſo kommen wirklich nur 67 zurück, daß alſo von 167 Strahlen 100 verſchlucket werden, welches faſt $\frac{3}{5}$ ſind. y) Auf dem Monde rechnet er, daß von 300000 Strahlen, welche er uns zurückſenden ſollte, 172000 oder wohl gar 204100 verſchlucket werden. z)

Endlich unterſuchet er noch zwo Fragen, erſtlich, ob die kleinen Flächen der Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper die parallel auffallenden Strahlen parallel zurückſenden, oder ſie wie convexe Flächen zurückwerfen? Er glaubet, man könne ſie als eben betrachten, in ſo fern man ein Mittel zwiſchen den convexen und concaven Ungleichheiten nimmt. Sonſt aber möchten die Strahlen wohl immer von

x) Traité d'Optique, p. 174, 195.

y) Ibid. p. 210.

z) Ibid. p. 222. Bey der Vergleichung des Monden- und Sonnenlichtes ſetzet Hr. Bouguer durch einen Rechnungsfehler die Menge des von der Sonne herkommenden Lichtes, in Abſicht auf das von dem Monde zurückgeworfene, (vorausgeſetzet, daß dieſer alles erhaltene Licht zurückſendet) juſt noch einmal ſo groß, als ſie ſeyn ſollte, wie in der Folge gezeiget werden ſoll.

von einem wirklichen oder virtualen Vereinigungspuncte ausfahren, und ſich nach der Zurückſtrahlung von einander je weiter je mehr entfernen. a)

Zweytens fraget er, was aus den Strahlen werde, die von einer kleinen Unebenheit zur andern zurückprellen? Selten, ſaget er, müſſe der Fall ſeyn, daß Strahlen nach zwoen Zurückwerfungen ins Auge kommen können, ſondern ſie werden meiſtens ſich in den kleinen Unebenheiten verlieren, und den Körper zu erwärmen dienen. b)

Zweytes Kapitel.

Beobachtungen über die Zurückwerfung des Lichtes innerhalb durchſichtiger Körper.

Unter den uns bekannten Körpern ſind keine ſo vollkommen durchſichtig, daß ſie nicht Theilchen enthalten ſollten, welche das Licht auffangen und zurückſenden, dadurch ein Theil des Lichtſtrahles, welcher von einer Seite hineinfällt, gehindert wird, nach der gegen über liegenden hin zu kommen. Und hierinnen liegt auch eine Urſache der Zurückwerfung des Lichtes, welche Hr. **Bouguer** mit ſeiner gewöhnlichen Vorſicht zu meſſen, unternahm. Folgendes iſt das wichtigſte von ſeinen Beobachtungen hierüber.

Verſuche, den Verluſt des Lichtes, wegen der Undurchſichtigkeit zu meſſen.

Die Art, deren er ſich bediente, den Verluſt des Lichtes in durchſichtigen Körpern zu meſſen, iſt in der fig. 72 vorgeſtellet, wo B einen durchſichtigen Körper bedeutet, auf welchem das Licht P ſteht, das die beyden Täfelchen D und E faſt ſenkrecht erleuchtet. Das erſte Täfelchen wird durch den durchſichtigen Körper B geſehen, das andere aber, zu eben der Zeit, mit bloßem Auge bey A. Beyde Erleuchtungen gleich ſtark dem Auge darzuſtellen, muß das Täfelchen E weiter fortgerücket werden. Die Quadrate der Entfernungen der Täfelchen vom Lichte gaben das Verhältniß der Verminderung des Lichtes.

fig. 72.

mit Glaſe.

Auf dieſe Art lies er das Licht durch 16 Stücke gemeines Fenſterglas fallen, die zuſammen $9\frac{1}{2}$ Linien breit waren, und fand, daß es 247 mal geſchwächet ward. Er nahm auch 6 Stück Spiegelglas, zuſammen $11\frac{1}{2}$ Linien dick, und fand, daß das Licht im Verhältniſſe von 100 zu 27 vermindert ward. Allein, ein einziges Stück, drey Zolle dick, verminderte das Licht kaum auf die Hälfte. a)

mit Seewaſſer.

Mit dem klareſten Seewaſſer, das er zu Croiſie, wo er wohnte, bekommen konnte, füllete er einen 115 Zoll langen Kaſten an, der an ſeinen Enden mit zwey Stücken Glas verſchloſſen war, und fand, daß das Licht auf dem Wege dadurch in dem Verhältniſſe von 14 zu 5, und genauer in dem von 169 zu 64 geſchwächet ward. Er hält aber dieſe zwar ſorgfältig angeſtellten Verſuche ſelbſt für fehlerhaft, weil

a) Traité d'Optique, p. 225.

b) Ibid. p. 228.

a) Ibid. p. 60. (Den erſten hier erzählten Verſuch ſtellete Bouguer auf eine andere Art an. Z.)

weil er unter dem heißen Erdſtriche gefunden, daß man daſelbſt den Boden des Meeres auf eine Tiefe von 100 bis 120 Fuß entdecken kann, wenn der Grund aus weißem Sande beſteht und die Sonne hoch iſt. Er glaubet, daß das Licht in einer Länge von 10 Fuß durch Seewaſſer nur in dem Verhältniſſe von 5 zu 3 oder gar nur von 5 zu $3\frac{1}{2}$ geſchwächt werde. *b*)

Die Oberflächen verzehren etwas Licht.

Er betrachtete durch ein länglichtes Stück Glas einen Gegenſtand, als ein Täfelchen, und ein anderes durch vier ein wenig von einander gerückte Stücke Glas, die zuſammen genau dieſelbe Länge wie jenes hatten. Sie waren gegen die Täfelchen unter einem Winkel von 75 Grad geneigt. Aus der Vergleichung der Entfernungen der Täfelchen von dem Lichte, das ſie erleuchtete, fand er, daß das Licht durch die ſechs Zurückwerfungen an den drey hintern Stücken in dem Verhältniſſe von 360000 zu 243049 geſchwächt ward, alſo durch jedes in dem Verhältniſſe von 1000 zu 877. Die Zurückwerfung an der Vorderfläche eines jeden Stückes nahm nach den obigen Erfahrungen den 36ſten Theil weg, ließ alſo von 1000 Strahlen 972 übrig; die an der Hinterfläche nahm den 27ſten bis 28ſten Theil weg, verminderte folglich die 972 Strahlen auf 936. Es giengen aber nur 877 wirklich durch, folglich giengen 59 Strahlen verlohren, das iſt etwa der 16te Theil des Lichtes. Dieſen Verluſt ſchreibt er der Hinterfläche zu, welche fortfährt ſo zu wirken, als wenn ſie noch nicht völlig durchſichtig wäre. Bey allen mäßigen Neigungen, von der kleinſten bis zu 49 Gr. 49 M., verzehrete ſie den dritten oder vierten Theil des Lichtes, worauf ſie plötzlich, wie vorher angeführet iſt, einen weit kleinern Theil verzehret, und, wie jetzt eben gefunden ward, bey faſt ſenkrechten Strahlen noch dieſe Eigenſchaft in etwas behält. Bey ähnlichen Verſuchen fand Bouguer zwar nicht genau daſſelbe Reſultat; doch bewieſen ſie ihm immer, daß Licht verlohren ſey. Es ſchien ihm, daß er den Verluſt der verſchluckten Strahlen auf $\frac{1}{27}$ oder $\frac{1}{28}$ des Lichtes, ſo groß, wie den von der Hinterfläche des Glaſes zurückgeworfenen Theil ſetzen könnte *c*). Es geben dieſe Beobachtungen einen neuen Beweis ab, daß den Oberflächen eine vor unſerm Verfaſſer nicht bemerkte Kraft zukömmt, die auf die Strahlen noch anders wirket, als es bey der Zurückwerfung, Brechung und Beugung geſchieht, nämlich die Kraft, die Strahlen zu verzehren, welche Newton bloß den dichten Theilchen der Körper zugeſchrieben hatte.

In dem zweyten Abſchnitte des dritten Buches giebt unſer Verfaſſer die Auflöſung einiger artiger Aufgaben über die Durchſichtigkeit der Körper. Weil ſie aber keine neue optiſche Entdeckungen enthalten, ſo verweiſe ich den Leſer auf das Buch ſelbſt und führe nur zwey Beyſpiele zu der letzten Aufgabe an, in welcher gewieſen wird, wie man die Dicke eines durchſichtigen Mittels zu berechnen hat, bey welcher es ganz undurchſichtig wird. Darzu wird erfordert, daß man wiſſe, in welchem Verhältniſſe das Licht geſchwächet werde, wenn es einen gewiſſen Weg in einem Mittel zurückleget, woraus man, weil die Stärke deſſelben in geometriſcher

Dicke durchſichtiger Körper, bey welcher ſie undurchſichtig werden.

Fort-

b) Tr. d'Opt. p. 65. (cf. Lamberti Photom. §. 468.

c) Tr. d'Opt. p. 158.

Fortſchreitung abnimmt, berechnet, wie weit es zu gehen habe, damit es ſo ſchwach werde, daß es das Auge nicht mehr rühren kann.

Seewaſſer, ſaget er, würde bey einer Dicke von 679 Fuß alle ſeine Durchſichtigkeit verlieren, und die Luft würde, wenn ſie ſich auf 518385 Klafter in die Höhe, mit der Dichtigkeit, die ſie bey uns hat, erſtreckte, ſo undurchſichtig werden, daß wir von den Himmelskörpern kein Licht bekommen könnten, ſondern in einer ſtockfinſtern Nacht begraben wären. d)

Verminderung des Lichtes durch die Atmosſphäre.

Hierauf unterſuchet unſer Verfaſſer die Verminderung des Lichtes, welche es auf dem Wege durch ein ungleich dichtes Mittel leidet, dergleichen die Luft iſt. Er ſetzt hierbey die Strahlenbrechung bey Seite, weil ſie nur die Rechnung viel verwickelter und doch wenig genauer machen würde, da ſie nicht einmal zwey Drittheile eines Grades beträgt. Aus ſeinen Rechnungen zieht er folgende Tafel der in der Atmosſphäre enthaltenen Maſſen Luft, und der Stärke des Lichtes der Himmelskörper, welche es nach dem Durchgange durch dieſe Maſſen noch hat. e)

Scheinbare

d) Tr. d' Opt. p. 265. (Dieſes gründet ſich darauf, daß Bouguer gefunden, daß 76 Stücke Glas, die er in einer Röhre hinter einander geſtellt hatte, alles Sonnenlicht auffiengen und verſchluckten. Dafür nimmt er nun 80 Stücke Glas an, und berechnet, daß dieſe das Licht 900000 Millionenmal das Licht vermindern. Nun berechnet er ferner, wie dick ein durchſichtiger Körper, als Waſſer oder gleichförmige Luft, ſeyn müſſe, um das Licht eben ſo vielmal zu vermindern, das iſt um undurchſichtig zu werden. K.)

e) Zum Verſtande dieſer Tafel wird folgendes zu bemerken nöthig ſeyn — Bouguer nimmt mit Marietten an, daß die Dichte der Luft ihrer Zuſammenſetzung proportional ſey, woraus folget, daß die Dichten der Schichten in der Atmosſphäre in geometriſcher Progreſſion abnehmen, wenn die Höhen in arithmetiſcher wachſen. Hieraus berechnet er theils die ganze Luftmaſſe nach ſenkrechter Richtung, in Vergleichung mit der gröbern Luft an der Erdfläche, als auch nach einer jeden andern Richtung, da ſie nothwendig größer ausfallen muß, als nach jener. So beträgt eine ſenkrechte Luftſäule der allmählig verdünneten Luft ſo viel, als eine eben ſo weite und 3911 Toiſen hohe Säule gleichförmig dichter Luft, wie ſie an der Erdfläche iſt, wenn man die Barometerbeobachtungen des de la Hire zum Grunde leget. Sie würde nach den vom Bouguer ſelbſt in Peru angeſtellten 4197 Toiſen hoch ſeyn. Die Maſſe der in einer geneigten Luftſäule enthaltenen ungleich dichten Luft bringt er nach eben dieſen Vorausſetzungen auf eine gleichförmig dichte Luftſäule, und nimmt an, daß das Licht in jener eben den Verluſt wie in dieſer leidet. Er hatte beobachtet, daß wenn der Mond von 66° 11′ ſcheinbarer Höhe bis zu 19° 16′ herunterſteigt, das Licht in dem Verhältniſſe von 2500 zu 1681 abnahm, und weil er die Luftmaſſen, durch welche das Licht in dieſe Höhen geht, berechnet hatte: ſo gab ihr Unterſchied zu erkennen, wie viel auf einem gewiſſen Wege, durch die auf eine gewiſſe gleichförmige Dichte reducirte Luft, das Licht geſchwächet werde, woraus er ferner für jede andere Höhe und die dazu gehörige Luftmaſſe die Schwächung des Lichtes ohnſchwer berechnen konnte. K.

Scheinbare Höhe der Geſtirne.	Betrag der Luftmaſſen in grober Luft.	Stärke des Lichtes der Geſtirne nach dem Durchgange.	Scheinbare Höhe der Geſtirne.	Betrag der Luftmaſſen in grober Luft.	Stärke des Lichtes der Geſtirne nach dem Durchgange.
Grade.	Toiſen.		Grade.	Toiſen.	
90	3911	8123	15	14880	4535
80	3971	8098	14	15880	4301
70	4162	8016	13	17012	4050
66° 11′	4275	7968	12	18344	3773
65	4315	7951			
60	4516	7856	11	19908	3472
55	4776	7759	10	21745	3149
50	5104	7624	9	23975	2797
45	5530	7454	8	26072	2423
40	6086	7237			
35	6813	6963	7	29996	2031
30	7784	6613	6	34100	1616
25	9191	6136	5	39893	1201
20	11341	5474	4	47480	802
19° 16′	11744	5358			
19	11890	5316	3	58182	454
18	12515	5143	2	74429	192
17	13220	4954	1	100930	47
16	14000	4753	0	138823	6

10000 bezeichnet die Stärke des Lichtes vor dem Eintritte in die Atmosphäre.

Dieſe Tafel kömmt faſt gänzlich mit derjenigen überein, die in dem erſten Entwurfe des Werkes unſers Verfaſſers vom Jahre 1729 ſteht, und iſt nicht aufs neue berechnet worden, nachdem der Verfaſſer ſeine Einſichten in dieſer Materie verbeſſert hatte. Inzwiſchen würde der Unterſchied nicht gar viel betragen haben. *f*)

Zurückwerfung von den innern Theilchen des Glaſes.

Die Zurückwerfung des Lichtes von den innern Theilen durchſichtiger Körper zu unterſuchen, nahm er ein ziemlich dickes Stück Kryſtallglas, welches das Licht im Verhältniſſe von 9 zu 4 verminderte. Ferner ſtellte er zwo Gipsplatten bey einander, und betrachtete ſie durch jenes Glas, aber an Stellen, die ſo weit von einander entfernet waren, daß er den einen Theil des Glaſes durch ein ſtarkes Licht erleuchten und den andern in die ſtärkſte Dunkelheit bringen konnte. Dieſer Umſtand hatte einen beträchtlichen Einfluß auf die Deutlichkeit des Sehens. Der dunkle Theil des Glaſes ſchien ihm merklich durchſichtiger, als der andere, indem die Erleuchtung

f) Vergl. Lamberts Photom. §. 886.

leuchtung des andern Theiles, anſtatt ſich mit der von dem Gegenſtande zu vereinigen, ſie vielmehr ſchwächte; und je deutlicher er das Innere des durchſichtigen Körpers erkannte, deſto mehr verlohr der Gegenſtand auf der andern Seite von ſeiner Deutlichkeit. Das Licht, welches die eine Hälfte des Kryſtallglaſes erleuchtete, war etwa 31mal ſtärker, als dasjenige, was die beyden Gipstäfelchen erleuchtete, und um dieſen beyden Gegenſtänden gleichen Grad der ſcheinbaren Helligkeit zu geben, mußte er die Erleuchtung desjenigen, den er durch den hellen Theil des Kryſtallglaſes ſahe, um den ſiebenten Theil vermehren. Er berechnet hieraus, daß die kleinen Theilchen des Kryſtallglaſes, ſo wenig alle Strahlen, welche ſie auffangen, zurückwerfen, daß ſie vielmehr nur den 235ſten Theil derſelben zurückſenden. Vermuthlich, ſaget er, werden die innern Theile aller andern durchſichtigen Körper, die wenigſten Strahlen, welche ſie auffangen, zurückwerfen. g)

Zurückwerfung von den Theilchen der Luft.

Er berechnet auch die Stärke des Lichtes, welches von den innern Theilen eines ungleichförmig dichten Mittels zurückgeworfen wird. Dieſes auf die Luft anzuwenden, nimmt er zween Fälle vor, einen, da die Sonne am Horizonte iſt, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Zenith hin berechnet werden ſoll, den andern, da die Sonne am Zenith ſteht, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Horizonte hin geſuchet wird. In dem erſten findet er den Bruch 0,0-84 für die Stärke der Luftfarbe, wenn die Stärke des Sonnenlichtes, ſo wie es unſer Auge erreichet, zur Einheit genommen wird. In dem zweyten Falle berechnet er die Stärke der Luftfarbe nicht bloß für die ganze Tiefe der Atmoſphäre, ſondern auch für verſchiedene Strecken derſelben, wie in der folgenden Tafel zu ſehen iſt, wo die Weiten in Meilen, deren 20 einen Grad machen, angegeben ſind. Der Buchſtabe q in derſelben iſt ſtatt der Zahl geſetzet, welche angeben ſollte, wie ſehr das Licht durch die Zurückwerfung von den Theilchen der Luft geſchwächet werde. Nach Erfahrungen, die Bouguer in Amerika zu machen Gelegenheit gehabt hat, iſt der Werth von q wenigſtens $\frac{1}{363}$, das iſt, die Lufttheilchen ſenden uns wenigſtens nicht mehr als den 363ſten Theil der Strahlen zurück, welche ſie auffangen, und vermuthlich noch weniger. h)

Ent-

g) Traité d' Optique, p. 344.

h) Ibid. p. 358. (Hr. Prieſtley erinnert ſelbſt bey dieſer Stelle, daß ſie etwas dunkel ſey, wiewohl er ſie wegen der merkwürdigen Folgerungen nicht habe weglaſſen wollen. Seinen Auszug verſtand ich freylich gar nicht; doch habe ich hier, wie an mehrern Stellen dieſes Auszuges aus Bouguern nachzuhelfen geſucht, ſo gut es angehen wollte, ohne die umſtändlichen Rechnungen genau nachzuſehen. — Zu dem in dem Abſatze angeführten Bruche 0,0784 muß vermuthlich noch der Factor q kommen, wiewohl er beym Bouguer auch fehlet. In der Lambertiſchen Photom. P. V. C. 2. iſt dieſe Unterſuchung vollſtändiger und genauer angeſtellet. Z.)

Entfernungen in Meilen.	Betrag der Luftmaſſen auf eine gleichförmige Dichte gebracht, in Klaftern.	Stärke der Luftfarbe.	Entfernungen in Meilen.	Betrag der Luftmaſſen auf eine gleichförmige Dichte gebracht in Klaftern.	Stärke der Luftfarbe.
2½	7115	$\frac{778}{100000}q$	30	79307	$\frac{2525}{100000}q$
5	14231	$\frac{1333}{100000}q$	45	109099	$\frac{2565}{100000}q$
10	28257	$\frac{1867}{100000}q$	60	130548	$\frac{2575}{100000}q$
15	41931	$\frac{2268}{100000}q$	90	153128	$\frac{2575}{100000}q$
20	55096	$\frac{2410}{10000}q$	180	169518	$\frac{2575}{100000}q$

Folgerungen von dem Anſehen groſſer entfernter Gegenſtände.

Man brauchet nur, ſagt Bouguer, dieſe Tafel anzuſehen, um zwo verſchiedene Arten, wie groſſe ſehr entfernte Gegenſtände auf der Erde ſich unſern Augen entziehen, erklären zu können. Wenn ein groſſes Gebirge, das mit Waldung bedecket iſt, 25 bis 30 Meilen von uns entfernet liegt, ſo wird nur weniges Licht von demſelben ins Auge kommen können. Denn außerdem, daß das Blättergrün keinen ſonderlich lebhaften Glanz hat, ſo giebt es noch zwiſchen den Blättern ſo viele ſchattichte Zwiſchenräume, die gar kein Licht zurückſenden. Iſt aber die Atmoſsphäre recht heiter, ſo wird das Gebirge mit alle dem Luftglanze bedecket ſeyn, welchen die Maſſe der zwiſchen dem Gegenſtande und dem Zuſchauer enthaltenen Luft zurückwirft, und dieſe Farbe wird durch $\frac{2525}{100000}q$ ausgedrücket werden, da die Farbe der ganzen Atmoſsphäre, oder des Himmels, den man zur Seite ſieht, durch $\frac{2575}{100000}q$ ausgedrücket wird. Der Unterſchied iſt zwar nur ein 51theil, aber doch noch immer bemerkbar, wenn man darauf Acht giebt. Wäre das Gebirge noch näher, ſo würde der Unterſchied der Stärke der beyden Luftfarben gröſſer ſeyn; und der Gegenſtand, der immer ſeine Form behielte, würde wie eine etwas dickere Wolke ausſehen; ſeine Farbe würde gegen die Farbe des Himmels etwas dunkler ſcheinen, dahingegen ſie in jenem Falle, wenn der Gegenſtand eben verſchwinden will, wie eine dünne und ſehr durchſichtige Wolke erſcheint, ſo daß man in der Gegend des Gebirges das Blau des Himmels wie mit einem leichten Flore überzogen ſehen wird. Wäre das Gebirge aber nur 18 bis 20000 Toiſen entfernet, ſo könnte man vielleicht ſchon etwas von ſeiner grünen Farbe erkennen. Wegen des Mangels der Durchſichtigkeit der Luft würde die Helligkeit dieſes Gegenſtandes in dem Verhältniſſe, 1000 zu 346 geſchwächet werden; und dieſer Mangel der Durchſichtigkeit iſt es, der in Verbindung mit der Luftfarbe die Stärke oder den Glanz der Erleuchtung an den Gegenſtänden ſchwächet, die man unmittelbar betrachtet. Wenn das Gebirge mehr Strahlen zurückwirft, weil es näher liegt, ſo wird dabey zugleich die Farbe der Luft blaſſer und beyde Farben werden ſich einander ſchwächen.

Solche Gegenſtände, die eben verſchwinden wollen, ſieht man gleichſam nur auf eine negative Art, dahingegen andere, zwar entferntere, auf eine poſitive Art geſehen werden, wenn das von ihnen herkommende Licht ſtärker, als das von

den nahe gelegenen Theilen des Himmels ist. Wenn ein schwarzes Gebirge 45 bis 50 Meilen entfernet liegt, so wird die blaue Farbe, welche es bedecket, von der Farbe des Himmels so wenig unterschieden seyn, daß es gar nicht zu bemerken ist. Wäre aber das Gebirge mit sehr weißem Sande oder mit Schnee bedecket, so möchte man es sehr deutlich erkennen können. Einige glauben, daß man solche große Gegenstände in noch größerer Entfernung sehen möge, allein unser Verfasser zweifelt daran, und setzt 45 französische Meilen als die Gränze fest, weil man in dieser Entfernung von dem Meerbusen Guayaquil, den Berg Chimborazo, einen der höchsten in Peru und vermuthlich in der ganzen Welt, der immer mit Schnee bedecket ist, und sonst alles hat, was in die Weite sichtbar machen kann, noch eben zu erblicken im Stande ist [i]).

Einschränkungen.

Doch ist zu bemerken, daß die Entfernung, in welcher man Gegenstände noch sehen kann, sowohl von der Stärke ihrer Erleuchtung und der Güte des Auges, als auch von der Durchsichtigkeit des zwischenliegenden Mittels abhängt. **Musschenbroek** erzählet von einem Manne, den er selbst gekannt hat, der die Jupiterstrabanten mit bloßen Augen eben so gut, als er selbst mit einem zwölffüßigen Fernrohre, erkennen konnte. Er führt dabey aus dem Cicero das Beyspiel eines Menschen an, der auf 1800 Stadia [k]) weit sehen konnte, und die Erzählung des Plinius, daß zur Zeit des zweyten Punischen Krieges einer, von Lilibäum in Sicilien ab, die aus dem Hafen von Karthago auslaufenden Schiffe gezählet hat. Diese Erzählung ist aber sehr unwahrscheinlich, oder vielmehr, wegen der Krümmung der Erde, unmöglich. [l])

Musschenbroeks photometrische Versuche mit gefärbten Gläsern.

Ueber die Kraft verschiedentlich gefärbter Mittel das Licht zu verschlucken, stellte Musschenbroek mancherley Versuche an, aus welchen erhellet, daß selbst sehr durchsichtige und dünne Körper, wenn sie verschiedentlich gefärbet sind, dem Lichte wirklich den Durchgang oft verwehren. Er nahm Stücke Glases, von jeder der sieben Farben, die zusammen noch nicht einen halben Zoll dicke waren, und doch konnte er die Sonne dadurch nicht erkennen. Die Wirkung eines jeden dieser gefärbten Stücke insbesondere kennen zu lernen, setzete er sie auf mancherley Art zusammen. Die Resultate seiner Erfahrungen, sowohl in Absicht der Menge des durchgelassenen Lichtes, als der Farbe desselben beschreibt er in seiner Introd. ad philosophiam naturalem, vol. 2. p. 800. Er folgerte überhaupt daraus, daß in einem weißen Sonnenstrahle die rothen Strahlen am häufigsten vorhanden sind, daß diese durch roth, orange und gelbgefärbte Gläser leicht durchgehen, aber in geringer Menge durch grüne Gläser, so daß die grünen, blauen, purpurnen und violetnen Strahlen von dem weißen Sonnenstrahle abgesondert wurden, wenn man ihn mit einem rothen Glase auffängt. Waren die rothen Strahlen durch rothe, orangenfärbige und gelbe Gläser durchgegangen, so blieben nur wenige Strahlen übrig, die durch ein

i) Traité d'Optique, p. 363. oder gegen 50 deutsche Meilen. R.

k) Das sind 1023159 französische Fuß, l) Introductio vol. 2. p. 773.

ein grünes dahinter liegendes Glas gehen konnten. Denn die grünen Strahlen drangen bis dahin nicht durch, und blaue Strahlen waren auch nicht mehr vorhanden, die durch das folgende blaugefärbte Glas hätten dringen können, ſo daß alle Stücke zuſammen ein undurchſichtiges Ganzes ausmachten. Bey dieſen Verſuchen konnte er nicht herausbringen, was aus dem rothen Lichte würde, das nach dem Durchgange durch das rothe, orangenfärbige und gelbe Glas auf das grüne fiel. Er ſcheint zu glauben, daß es entweder in das rothe Glas zurückgeworfen oder in dem grünen nach allen Richtungen zerſtreuet ſeyn mag.

Er ließ das Sonnenlicht durch mehrere blau gefärbte Gläſer gehen, und fand, daß Gegenſtände in dem durchgegangenen Lichte immer ein tieferes Blau annahmen, bis ſie zuletzt purpurfärbig erſchienen. Durch fünf ſolcher blauer Glasſcheiben ſchien die Sonne weiß, durch ſechſe nahm ſie eine purpurne Farbe an, die mit jeder neuen Scheibe dunkler ward, bis daß er durch funfzehn blaue Scheiben, die zuſammen einen Zoll ausmachten, nichts mehr von der Sonne erkennen konnte.

In dieſem und dem vorhergehenden Abſchnitte iſt bemerket, daß nach Bouguers Erfahrungen das Licht deswegen verſchlucket oder ausgelöſchet wird, weil es auf die Flächen der Körper mit einer gewiſſen Neigung fällt, und nicht darum, weil es, wie Newton annahm, auf die dichten Theile ſtößt; und daß die Dicke der durchſichtigen Körper, durch welche das Licht geht, lange nicht ſo viel hinderlich iſt, als die Menge der Oberflächen. Allein einige vom Hrn. Canton neulich mit ſeinem künſtlichen Phosphorus angeſtellte Verſuche, ſcheinen doch zu beweiſen, daß in einigen Fällen die Dicke der durchſichtigſten Mittel dem Durchgange des Lichtes ſehr hinderlich fällt.

Erleuchtung durch elektriſches Licht.

Er nahm zwey gleich durchſichtige Stücke des feinſten Flintglaſes, deren Seiten er vollkommen parallel ſchleifen ließ, aber eins derſelben ward zehnmal ſo dicke als das andere gemachet. Dieſe ſtellte er ſo, daß das Licht von einem elektriſchen Schlage durch ſie fahren und auf Stücke von ſeinem Phosphorus fallen konnte. Ob nun gleich beyderſeits nur zwo Oberflächen vorhanden waren, und der Unterſchied des Verluſtes am Lichte in dem Durchgange durch beyde Stücke, nach Bouguers Verſuchen, nur ſehr geringe hätte ſeyn müſſen: ſo fand ſich doch ein großer merklicher Unterſchied an dem Lichte, welches beyde durchgelaſſen hatten, weil der Phosphorus von dem Lichte völlig gleicher Schläge durch das dicke Glas lange nicht ſo erleuchtet worden war, als durch das dünne.

Ich ſelbſt habe dieſe Verſuche ſorgfältig wiederholet, und gefunden, daß der Phosphorus durch ſieben Stücke ſehr dünnen Glaſes ſtärker erleuchtet ward, als durch ein einziges eben ſo durchſichtiges, aber einen Viertelzoll dickes Stück, und doch hätte wegen gewiſſer Umſtände der Durchgang durch das dicke Stück noch etwas leichter fallen ſollen. Daher zweifle ich nicht, daß auf dieſe Art durch zwölf oder gar zwanzig Stücke ſehr dünnen Glaſes mehr Licht als durch ein einziges Viertelzölliges gehen mag.

Doch iſt zu bemerken, daß wenn der Phosphorus durch dieſe Gläſer von dem Sonnenlichte in einem verfinſterten Zimmer erleuchtet wird, jener Unterſchied ſich

nicht

nicht zeiget. Nur wenn ich den Phosphorus so geschwinde als möglich durch den Sonnenstrahl bewegte, kam mir die Erleuchtung durch die dünnen Gläser stärker als die durch das dicke vor. Blieben die Stücke Phosphorus aber die kleinste bemerkbare Zeit, keine Viertelsecunde, in dem Strahle, so verlohr sich aller Unterschied.

Es ist wahr, die Ausstrahlung des Lichtes bey einem elektrischen Schlage ist augenblicklich, und es ist nicht möglich, den Phosphorus so geschwinde durch den Sonnenstrahl zu bewegen, daß er nicht, in Vergleichung mit der Dauer eines elektrischen Schlages, eine beträchtliche Zeit dem Lichte sollte ausgesetzet gewesen seyn, und daß eine fortdauernde Wirkung des Lichtes dabey statt gefunden hätte. Wie aber dieser Umstand einen so merklichen Unterschied hervorbringen könne, das, gestehe ich, kann ich nicht erklären. Das Factum ist bey allem dem merkwürdig, und verdienet genauer untersuchet zu werden.

Zusatz des Uebersetzers.

Analysis der Lambertischen Photometrie.

Da Herr Priestley einen so umständlichen Auszug aus Bouguers Photometrie gegeben hat, wozu noch der eigentlich hieher gehörige siebente Abschnitt von der Ausmessung des Lichtes kömmt, so wäre es billig, von den noch genauern und vollständigern Untersuchungen des Hrn. Lambert über diese Materie gleichfalls den Leser so zu unterrichten, um desto mehr, da dieser schwere Theil der Optik, die Photometrie durch ihn mit einemmale der Vollkommenheit so nahe gebracht ist, wie wohl nie sonst eine Wissenschaft von einem einzigen Manne. Denn was man sonst von photometrischen Untersuchungen vorgenommen hat, sind einige wenige einzelne Stücke; selbst Bouguer hat in seinem größern Werke nur abgerissene Materien bearbeitet, und auch diese nicht erschöpfet. Die Lambertische Photometrie ist ein vorzügliches Beyspiel des schnellen Wachsthumes, mit dem die Wissenschaften in unsern Zeiten zunehmen, und der weit vortheilhaftern und sicherern Art sie zu bearbeiten. Sie kann übrigens auch zu einem vortrefflichen Muster dienen, wie man die Theorie mit der Erfahrung zu verbinden habe; wie man der Natur die Fragen vorlegen müsse, damit sie genau nur das antworte, was man verlanget; und wie man hierzu durch eine anfangs unvollständige Theorie gelangen könne. Aber es hängen auch die Sätze in derselben so zusammen, daß es schwer ist, sie außer der Verbindung zu verstehen und die Versuche beziehen sich so genau auf die dazu gehörigen Rechnungen, daß man sie nicht gut von einandern sondern kann. Darum werde ich hier nichts weiter thun können, als dem Leser, den die nähere Untersuchung der Optik interessirt, einen vorläufigen Begriff von einigen der wichtigsten Materien aus diesem tiefgedachten Werke geben.

In

In dem erſten Theile der Photometrie ſetzet Herr Lambert die erſten Gründe und Begriffe dieſer Wiſſenſchaft feſt, zeiget, wie das gerade fortgepflanzte Licht zu meſſen ſey, und unterſuchet mit Hülfe der Erfahrung, wie weit die Schärfe des Auges bey Beurtheilung der Helligkeiten gehe. Da in der Photometrie gar viel auf die Deutlichkeit und Richtigkeit der Grundbegriffe ankömmt, ſo unterſcheidet Herr L. erſtlich die Helligkeit des Lichtes, das einen Gegenſtand erleuchtet, und die Helligkeit des erleuchteten Gegenſtandes; ferner die Helligkeit des Lichtes, in ſoferne ſie dem Auge ſichtbar iſt, (claritas viſa), und die Helligkeit deſſelben, in ſoferne es die Gegenſtände erleuchtet. Bezieht ſich die letztere auf den leuchtenden Körper, ſo heißt ſie die erleuchtende Kraft (vis illuminans), und wenn auf den erleuchteten Gegenſtand, die Erleuchtung (illuminatio). Dieſe, die Erleuchtung, verhält ſich umgekehret, wie das Quadrat der Entfernung vom Lichte; die geſehene Helligkeit aber nicht. Der Unterſchied iſt in der Folge wichtig. Z. E. die Erleuchtung, welche die Erde von den Planeten erhält, iſt ganz unbeträchtlich: ihr Glanz oder die geſehene Helligkeit iſt merklich. Wolf verwirret beyde, wenn er in ſeiner Optik ſaget, daß Gegenſtände in der Entfernung deswegen nicht ſo helle ſcheinen, wie in der Nähe, weil das Licht umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt. Auch von andern ſind dieſe beyden Begriffe verwechſelt. Wie die geſehene Helligkeit zu meſſen ſey, trägt Herr L. hier noch nicht vor; in der Folge (§. 780.) bemerket er, daß die Einheit hierbey willkührlich ſey, daß man bey ſehr ſtarkem Lichte die Helligkeit der Sonnen, bey ſchwächerm die Helligkeit des Mondes, oder noch beſſer, die Helligkeit einer Ebene, welche alle Strahlen unvermindert zurückwirft, dazu nehmen könne. Auch unterſcheidet Hr. L. weiter unten (§. 268. 784. 1129.) die wahre Helligkeit, und die geſehene, wie ſie dem Auge vorkömmt, und ſetzet (§. 268.) hinzu, daß die geſehene Helligkeit von der Oeffnung des Sterns im Auge abhange. Ich wünſchte doch, daß dieſe Begriffe gleich Anfangs umſtändlicher erörtert wären. Kömmt es bey der Helligkeit in Abſicht auf das Auge nicht auf die Erleuchtung des Bildes von dem Gegenſtande im Auge an? Zuerſt muß hierbey die Betrüglichkeit des Urtheils an die Seite geſetzet werden, wenn von der wahren Helligkeit und nicht von der ſcheinbaren die Rede iſt. Ferner muß man keine Undeutlichkeit und keinen Eindruck der Lichtſtrahlen auf die benachbarten Sehenerven, die ſie nicht unmittelbar berühren, ſtatt finden laſſen, wenn von der claritate viſa abſolute vera die Rede iſt. Denn, wenn ſich wegen jener Urſachen die Größe des Bildes ändert, ſo muß ſich auch die Erleuchtung deſſelben, bey ſonſt gleichen Umſtänden, ändern, und ich möchte die Helligkeit in dieſem Falle von jener durch den Ausdruck, claritas viſa relatiue vera, unterſcheiden, weil ſie auf die Beſchaffenheit jedes individuellen Auges ankömmt. Dazu kömmt noch die claritas viſa apparens, die von dem Urtheile der Seele abhängt. Die abſolut wahre Helligkeit in Abſicht auf das Auge, wird bey gleicher Oeffnung der Pupille und gleicher Entfernung des leuchtenden Körpers ſich wie die Dichte der Strahlen beym Auge verhalten, ohne daß es hierbey auf die Größe des Körpers ankömmt, weil der erleuchtete Raum auf der Netzhaut ſich wie die ſcheinbare Fläche des Körpers verhält; verändert ſich

die Oeffnung der Pupille, so wird die Helligkeit in eben dem Verhältnisse verändert werden müssen; verändert sich die Entfernung des leuchtenden Körpers, so verändert sich die Dichte der Strahlen beym Auge, allein auch zugleich die Fläche des Bildes: daß also, wenn sowohl die Flächen der Bilder, als die Dichten der Strahlen sich verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten, die Helligkeit auf die Entfernung nicht ankömmt. Von einem Verluste, den die Strahlen unterwegens leiden, ist hier noch nicht die Frage. Um die Einheit für die Helligkeit zu bestimmen, muß man demnach einen leuchtenden Körper auswählen, dessen Entfernung Eins setzen, und eine gewisse Oeffnung der Pupille zur Einheit nehmen, so wird die Helligkeit eines jeden andern Körpers gleich seyn der Dichte seiner Strahlen in jener Entfernung, multipliciret in die Oeffnung der Pupille; oder, wenn man eine andere Entfernung nimmt, der Dichte seiner Strahlen in dieser Entfernung, dividiret durch das Quadrat der Entfernung, und multipliciret in die Oeffnung des Auges. Verändert sich wegen der Ausbreitung der Lichtkegel auf der Netzhaut, oder wegen des Eindruckes auf die benachbarten Fibern die Größe des Bildes, oder bleibt dieses nicht der scheinbaren Ausdehnung des Gegenstandes proportional, so wird die Helligkeit sich umgekehrt wie die Fläche des Bildes verändern. Man sieht leicht, daß die erste Art der gesehenen Helligkeit in den theoretischen Untersuchungen gebrauchet werden muß, so wie man bey den Versuchen auf die andere Art, wie auch auf die Abweichungen und Unsicherheit des Urtheils der Seele von der Helligkeit Rücksicht zu nehmen hat. Ich überlasse diese meine Vorstellungen von dieser Sache der Prüfung des Lesers und kehre zu unserm Verfasser zurück.

Er setzet vier Grundsätze der Photometrie feste, sowohl durch Schlüsse als durch Erfahrung, nämlich 1. die Erleuchtung verhält sich wie die Menge der Lichter, das ist, wie die Oberfläche des erleuchtenden Körpers, bey übrigens gleichen Umständen, als Entfernung und Intensität des Lichtes oder Dichte der Strahlen. 2. Sie verhält sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Ebene von dem Lichte. 3. Sie verhält sich verkehrt wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Ebene. Diese drey ersten sind schon von andern gebrauchet. Der vierte ist erst von unserm Verfasser zuerst eingeführet, und enthält: daß die Erleuchtung dem Sinus des Winkels, welchen die Strahlen mit der leuchtenden Fläche machen, (anguli emanationis) proportional ist. Diesen Satz beweist er erstlich daher, daß die Sonnenscheibe an allen ihren Stellen gleich helle scheint, daß also diese Stellen eine Erleuchtung, nicht nach dem Maaße ihrer Größe, sondern nach dem Maaße ihrer senkrechten Projection auf die Sonnenscheibe, verursachen. Er erweist diesen wichtigen Satz in der Folge durch mehrere Erfahrungen, so wie er ihn auch durch Schlüsse bestärket *). Herr Euler hat in seiner

*) Inzwischen bemerke ich aus Bouguers Werke von der Gradation des Lichtes, S. 90. daß er die Sonne mit seinem Heliometer ungleich helle gefunden zu haben erzählet, nach dem Rande hin schwächer als um den Mittelpunct, woraus er schließt, daß das Licht,

ſeiner Abhandlung von den verſchiedenen Graden des Lichtes der Sonne und der andern Himmelskörper, (Mem. de l'Acad. de Berlin 1750.) auf den Unterſchied wegen der Lage der erleuchtenden Fläche gegen die Strahlen nicht geachtet. Herr Lambert beweiſt nunmehr einige Sätze, die man ſonſt nur als beynahe wahr angenommen hatte, in völliger Schärfe, als: Wenn der leuchtende Körper ſphäriſch iſt, ſo verhält ſich die ſenkrechte Erleuchtung umgekehret wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Ebene, ohne daß man nöthig hat, den ſcheinbaren Halbmeſſer der leuchtenden Kugel als unbeträchtlich klein anzunehmen; und, wenn ein ſphäriſcher Körper eine gegebene Ebene, bey gleicher Entfernung des Mittelpunktes einmal ſenkrecht, das anderemal ſchief beſcheint, ſo verhält ſich die ſenkrechte Erleuchtung zu der ſchiefen, wie der Sinus totus zu dem Sinus der Höhe des Mittelpunctes bey der ſchiefen Erleuchtung. Neu iſt auch die hierauf folgende Unterſuchung der Fälle, wo das Licht nicht ſphäriſch iſt, dergleichen vorkommen, wenn das Tageslicht durch die Fenſter, über einer Mauer, einem Dache einfällt. Herr Lambert berechnet zu dem Ende die Erleuchtung, welche ſphäriſche Dreyecke und Vierecke in dem Mittelpuncte der Kugel hervorbringen. Die übrigen Unterſuchungen dieſes Theiles ſind gleichfalls ſehr merkwürdig, laſſen ſich hier aber nicht im Auszuge anführen.

Der zweyte Theil beſchäfftiget ſich mit den Veränderungen, die das Licht beym Durchgange durch durchſichtige Körper, beſonders durch Glas, leidet, und zuerſt mit dem Falle, wenn der durchſichtige Körper aus einer oder mehrern ebenen Glastafeln beſteht. **Völlig durchſichtige** Körper wären ſolche, die gar kein Licht weder zurückwerfen noch zerſtreuen. Wahrſcheinlich giebt es keine, die gar kein Licht zerſtreuen, und gewiß keine, die kein Licht zurückwerfen. Es werden alſo ſchon die Körper völlig durchſichtig heißen können, die nur kein Licht zerſtreuen, wenn ſie gleich einen Theil des auffallenden Lichtes unter dem Winkel, unter welchem es aufgefallen war, zurückwerfen. Die Menge des zurückgeworfenen Lichtes hängt von der Dichte des durchſichtigen Körpers, und des daran gränzenden Mittels ab. Licht, welches aus Waſſer in Glas geht, wird weniger zurückgeworfen, als wenn es aus Luft in Glas geht. Bey dem Durchgange aus dem dichtern Mittel ins dünnere wird mehr zurückgeworfen, als in dem gegenſeitigen Falle. Völlig klares Waſſer und ſehr ſchwarze Dinte in irdene, inwendig ſchwarz glaſurte Gefäße gethan, ſtellten das Bild des heitern Himmels gleich helle dar. Der kleine Unterſchied der Dichte der Dinte und des Waſſers war dabey wenigſtens nicht merklich. Es kömmt alſo auf die größere und geringere Undurchſichtigkeit nicht an. Das von Glastafeln durchgelaſſene, zurückgeworfene und zerſtreuete Licht mit einander zu vergleichen, bedienet ſich Herr Lambert eines außerordentlich ſinnreichen Verfahrens, das zum Muſter, auch bey andern, nicht optiſchen Unterſuchungen, dienen kann. Die Rechnung ſtellet er für ſolche Gläſer an, die vollkommen durchſichtig ſind. Die

Licht, welches jeder Punct der Sonne ausſendet, mehr geſchwächet wird, als in dem Verhältniſſe der Sinus der Winkel, welche die Strahlen mit der Sonnenfläche machen.

Versuche konnten nicht anders als mit Glase, das etwas Licht zerstreuet, angestellet werden. Nun war die Schwierigkeit, mittelst Gläser, die nicht vollkommen durchsichtig sind, zu finden, was bey vollkommen durchsichtigen statt finden würde, um daraus zu bestimmen, was vom Lichte durch das Glas zerstreuet und verschlungen wird. Die Methode, deren sich Herr Lambert bedienet, ist folgende. Zuerst nimmt er an, daß gar kein Licht zerstreuet oder verschlungen werde, und untersuchet, wie bey einer Glastafel das zurückgeworfene und durchgelassene Licht sich gegen einander verhalte, wenn das Verhältniß des einfallenden und zurückgeworfenen Lichtes an der Vorderfläche $1:q$, und des an der Hinterfläche einfallenden und zurückgeworfenen $1:p$ ist. Es ist nämlich die Menge des unmittelbar zurückgehenden und des nach allen Zurückwerfungen von der Hinterfläche wieder durch die Vorderfläche ausfahrenden Lichtes, $M = \frac{q+p}{1+p}$ und des durchgehenden $N = \frac{1-q}{1+p}$ deren Summe $= 1$, die Menge des einfallenden Lichtes ist. Ferner berechnet er, unter derselben Voraussetzung, die Menge des von mehrern hinter einander Glastafeln zurückgeworfenen Lichtes, bey demselben Einfallswinkel auf die erste derselben, und findet, noch immer in unbestimmten Ausdrücken, wie bey einem einzigen Glase das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelassenen Lichtes beschaffen ist, wenn bey demselben Einfallswinkel mehrere hinter einander gestellte Gläser das zurückgeworfene Licht dem einfallenden gleich machen. Er suchet auch die Gränzen, zwischen welche p und q unabhängig von den Versuchen fallen müssen, nach einer sonst eben nicht gebrauchten Methode, außer daß Newton sich eines ähnlichen Verfahrens bey Bestimmung der Gränzen für die Oerter eines Kometen bedienet hat. Das Mittel dieser Gränzen sieht er als den Werth an, der von dem wahren nicht viel unterschieden seyn wird. Nun zu den Versuchen. Er zog auf einer gewissen Tafel einen schwarzen Strich einer Linie breit, stellte darüber eine Glastafel, und suchte den Ort seines Auges, wo ihm das durch die Zurückwerfung gesehene Bild des einen Theiles des Striches gleich aschfarbicht wie das durch die Brechung gesehene schien. Er fand, daß alsdenn der Neigungswinkel der einfallenden Strahlen $4\frac{1}{2}$ Grad betrug. Diesen Versuch stellte er mit mehrern hinter einander gesetzten Glastafeln an, und fand die Neigungswinkel, wie folget.

Gläser.	Neigungswinkel.	Gläser.	Neigungswinkel.
1 — —	$14\frac{1}{2}$ Gr.	6 — —	39 Gr.
2 — —	22	7 — —	43
3 — —	27	8 — —	47
4 — —	31	9 — —	$50\frac{1}{2}$
5 — —	35		

Aus den vorher angestellten Rechnungen folgete, daß, bey völlig durchsichtigen Gläsern, das von dem ersten dieser Gläser, ohne die übrigen, zurückgeworfene Licht nach der Folge der Winkel, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, u. s. w. des einfallenden ist, z. E.

unter

unter dem Neigungswinkel 27 Grad, $\frac{1}{4}$ des auffallenden, daher das gebrochene und durchgegangene die übrigen $\frac{3}{4}$ ausmacht. Nun wird man fragen, ob nicht die eben angeführten Winkel ziemlich anders würden ausgefallen ſeyn, wenn völlig durchſichtige Gläſer hätten genommen werden können. Herr Lambert aber zeiget aus noch andern Verſuchen und der darüber angeſtellten Rechnung, daß der Unterſchied der Winkel in beyden Fällen ſo klein ſeyn müſſe, daß er gegen die Fehler, denen die Verſuche ſelbſt unterworfen ſind, nicht zu rechnen iſt, und daß die Winkel ſelbſt mit den durchſichtigſten Gläſern nicht genauer hätten beſtimmet werden können. Der Verluſt des Lichtes wegen der Undurchſichtigkeit verändert das Verhältniß M:N, worauf es hier eigentlich ankömmt, nicht merklich, wenn gleich die Größen M und N ſelbſt ſehr dadurch leiden. Er verbeſſert die Winkel auch durch eine graphiſche Operation, dadurch er die kleinen Anomalien in der Fortſchreitung dieſer Winkel wegnimmt. Dieſe ſind aber bey den meiſten unbeträchtlich; nur bey dem letzten, der nothwendig größer ſeyn mußte, beträgt die Verbeſſerung ſo viel als 11 Minuten. Nun iſt aber noch das ſchwerſte zurück, nämlich zu beſtimmen, wie die Größen p und q von den Einfallswinkeln abhängen. Hier iſt alle Theorie vom Lichte ſo unzulänglich, wie nur irgends ſonſt, und Herr Lambert konnte nichts weiter thun, als die ſeinige nach den Erfahrungen einzurichten, ohne ſie a priori beweiſen zu können. Sie enthält folgende Stücke. Das Licht wird durch die Brechung nicht plötzlich von ſeinem Wege abgelenket, ſondern es wird allmählig gekrümmet, bis es die Richtung erhält, mit welcher es in dem zweyten Mittel fortgeht. Man muß ſich demnach auf beyden Seiten der brechenden Fläche einen Raum vorſtellen, der von den parallelen Flächen CL, AB eingeſchloſſen iſt, zwiſchen welchen die Brechung und Zurückwerfung geſchieht. Der Strahl EF beſchreibt innerhalb derſelben die krumme Linie FMA, und geht darauf in A nach der Richtung AI, der Tangente in A fort. Man nehme eine unendlich dünne Schichte dieſes Raumes, MQqm, nach den mit AB parallelen MQ, mq, ziehe das Einfallsloth HF, und damit die parallele $M\mu$, ſo wird zuerſt angenommen, daß in einer und derſelben Schichte MQqm das Verhältniß $\sin HFE : \sin mM\mu$ unveränderlich ſey, was auch der Winkel HFE ſeyn mag. Zweytens, wenn die Menge des in F auffallenden Lichtes $= 1$, und die Menge des in M noch übrigen v, ſo iſt der Verluſt, den man, wie eine Differentialgröße, dv bezeichnen kann, proportional der Menge des Lichtes v; der zurückwerfenden Kraft, oder wie man ſonſt dasjenige nennen will, was die Zurückwerfung verurſachet, dem Raume Mm; und umgekehrt dem $\sin Mm\mu$. So findet Herr Lambert durch Hülfe der Integralrechnung folgende Reihe, $\log \frac{1}{v} = \sec \gamma^2 (\alpha - \beta \tang \gamma^2 + \delta \tang \gamma^4 - \text{etc.}$ wo γ den Einfallswinkel HFE, bezeichnet, und α, β, δ, ſolche Größen ſind, die von dem Winkel γ nicht abhangen. Von dieſer Reihe nimmt er nur den erſten Terminus, und ſetzet alſo

$$-\log v = \alpha \sec \gamma^2 = -1 - (1 - q)$$

Eine ähnliche Formel nimmt er auch für das von der Hinterfläche zurückgeworfene Licht an, wo das Verhältniß der Mengen des einfallenden und zurückgehenden 1 : p ist, und setzet

$$\alpha^1 \sec\gamma^2 = -\log(1-p)$$

Hier müssen α und α^1 aus Erfahrungen bestimmt werden. Solche hatte Hr. Lambert angestellet, aus welchen durch die Combination mit den oben beschriebenen, und mit Zuziehung der vorher entworfenen Theorie p und q nebst γ bekannt waren. Also hatte er nunmehro die Größen α und α', und die Formeln werden demnach diese

$$\log(1-q) = -0{,}0087241.\ \sec\gamma^2.$$
$$\log(1-p) = -0{,}0199966.\ \sec\gamma^2.$$

Da nun aus den Versuchen mit den Glastafeln gefunden war, wie viel Licht unter den dabey vorkommenden Winkeln von einer einzigen Glastafel zurückgeworfen wird, so berechnet er für diese Winkel, deren Complemente zu 90 Grad in jenen Formeln γ heißen, die Größen q, p; und da die Menge des gesammten zurückgeworfenen Lichtes, wenn 1 das auffallende ist, durch die Formel, $M = \frac{q+p}{1+p}$ bestimmt wird, so konnte er nun seine Theorie von der Menge des zurückgeworfenen Lichtes mit der Erfahrung vergleichen. Folgende wichtige Tabelle, ein Probierstein aller physischen Theorien des Lichtes, enthält die Resultate aller obigen Untersuchungen.

Aus Beob. Neigungswinkel.	Aus Rechnung. q	p	M	Aus Beob. M	Unterschied.
14½	0,2741	0,5136	0,5205	0,5000	+0,0205
12	0,1333	0,2753	0,3204	0,3333	−0,0130
27	0,0928	0,1968	0,2421	0,2500	−0,0079
31	0,0729	0,1566	0,1985	0,2000	−0,0015
35	0,0592	0,1283	0,1663	0,1667	−0,0004
39	0,0494	0,1078	0,1428	0,1429	−0,0001
43	0,0423	0,0925	0,1234	0,1250	−0,0016
47	0,0368	0,0810	0,1091	0,1111	−0,0020
50½	0,0332	0,0731	0,0991	0,1000	−0,0009

Aus dieser Tafel zog er darauf folgende für alle Neigungswinkel von 10 zu 10 Graden.

Neigungswinkel	q	p	M	N
10°	0,4862	0,7766	0,7108	0,2892
20	0,1578	0,3204	0,3622	0,6378
30	0,0772	0,1653	0,2070	0,7930
40	0,0474	0,1046	0,1376	0,8624
50	0,0337	0,0705	0,0973	0,9027
60	0,0264	0,0585	0,0802	0,9198
70	0,0225	0,0499	0,0690	0,9310
80	0,0203	0,0450	0,0624	0,9376
90	0,0199	0,0448	0,0619	0,9381

Es iſt merkwürdig, daß die Menge des zurückgeworfenen Lichtes gegen das einfallende an der Hinterfläche des Glaſes weit größer iſt als an der Vorderfläche. Dieſes ließen auch die Gränzen, welche für q und p nach der bloßen Theorie abgeſtecket waren, ſchon vorher ſehen. Bouguer fand auch, daß die innere Zurückwerfung ſtärker als die äußere; es iſt aber faſt ſo gut wie nichts, was er von dem Verhältniſſe beyder herausbringt. Unſer Verfaſſer hat hingegen die Sache mit einemmale ins Reine gebracht. Allem Mißverſtändniſſe vorzubeugen, bey der Vergleichung dieſer und der Bouguerſchen Tafeln, erinnere ich, daß in den vorſtehenden Tafeln nur das Verhältniß M : N, des zurückgeworfenen und gebrochenen Lichtes zu verſtehen iſt, wenn man ſie auf die Brechung und Zurückwerfung, wie ſie wirklich in der Natur geſchieht, anwenden will. Denn alle Verſuche über die Helligkeit des Lichtes gaben nur Verhältniſſe, und zwar der Gleichheit, zu erkennen. Wenn man alſo das zerſtreuete und verſchluckte Licht von dem einfallenden abzöge, und den Reſt durch 10000 bezeichnete, ſo würde man behaupten können, daß von dieſen 10000, wenn ſie z. E. ſenkrecht auffallen, 619 theils von der Vorderfläche, theils von der Hinterfläche zurückgeworfen werden, und die übrigen 9381 durchgehen, daß ferner von eben dieſen 10000 Strahlen 199 von der Vorderfläche zurückgeworfen werden; daß von den übrigen 9801, die Hinterfläche 439, nämlich in dem Verhältniſſe von 1 zu 0,0448 zurückſendet, von welchen 439 die Vorderfläche in dem nämlichen Verhältniſſe 19 zurückwirft, und die übrigen 420 durchläßt, welche mit jenem 199 zuſammen 619 ausmachen. Die übrigen Zurückwerfungen von der Hinterfläche werden nämlich ganz unbeträchtlich. Denn daß der Verluſt des Lichtes ſehr anſehnlich iſt, kann man aus folgendem abnehmen. Unſer Verfaſſer berechnet das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichtes, wenn es ſenkrecht durch eine Anzahl paralleler Glastafeln geht, allen Verluſt bey Seite geſetzet. Wenn die Anzahl der Gläſer x heißt, ſo iſt das zurückgeworfene $= \frac{x}{15{,}1535+x}$ worunter außer dem von der erſten Tafel unmittelbar zurückgeworfenen noch das mit zu verſtehen iſt, was ſie von dem Lichte das die hintern zurückwerfen, durchgehen läßt. Es würden alſo 15 Glastafeln das durchgehende Licht noch nicht völlig

lig auf die Hälfte des einfallenden bringen; und doch sind in der That zwey mittelmäßig durchsichtige Gläser dazu im Stande.

Ich mußte den Auszug dieses einzigen Kapitels so umständlich machen, weil es das merkwürdigste Beyspiel liefert, wie man physikalische Theorie, Geometrie, Rechnung und Versuche mit einander verbinden, und eins dem andern zu Hülfe kommen lassen könne, um der Natur ihre Geheimnisse abzulocken. Dabey schien es mir vorzüglich bequem, dem Leser dadurch den Geist der lambertischen Photometrie zu entwickeln.

Herr Lambert stellet hierauf Untersuchungen über den Verlust des Lichtes in durchsichtigen Mitteln an. Er ließ auf eine weiße Fläche Licht durch eine Glastafel, und von einer andern Glastafel auf dieselbe Stelle durch die Zurückwerfung fallen, so daß diese Stelle vom beyderseitigem Lichte so helle, wie das übrige von dem gerade auffallenden schien. Mit Hülfe der vorigen Theorie berechnete er, wie viel die Erleuchtung betragen müßte; der Unterschied von der wirklichen gab ihm den Verlust an. Diesen brauchet er in einer neuen Rechnung die unbekannte Größe zu bestimmen, und findet nun für senkrecht auffallendes Licht, das durch mehrere Gläser geht, folgende Resultate

Gläser.	Zurückgew.	Gebrochnes.	Verlohrnes.
1 — —	00,516 — —	0,8111 — —	0,1373
2 — —	0,0856 — —	0,6596 — —	0,2548
3 — —	0,1081 — —	0,5368 — —	0,3551
4 — —	0,1228 — —	0,4377 — —	0,4495
8 — —	0,1467 — —	0,1945 — —	0,6588
16 — —	0,1524 — —	0,0387 — —	0,8089
32 — —	0,1526 — —	0,0016 — —	0,8458

Von den ebenen Flächen geht unser Verfasser zu den krummen und untersuchet die Stärke des durch ein oder mehrere Linsengläser gebrochenen Lichtes. Wenn die Oeffnung eines Linsenglases so klein gemachet wird, daß die Helligkeit des Bildes der Erleuchtung von dem gerade auffallenden Lichte gleich ist, so verhält sich das auf die Oeffnung des Glases fallende Licht, zu dem durch das Glas wirklich gehenden, wie die Fläche der Oeffnung des Glases zu der Fläche des Bildes. Ein Versuch, da er das Licht des Himmels durch ein Linsenglas gehen ließ, zeigete ihm, daß dieses Glas etwa den sechsten Theil des Lichtes zurückwarf und zerstreuete. Fast eben dieses fand er aus andern Sätzen seiner Theorie, die sich also sehr wohl bestärkte. Von der Erleuchtung durch Linsengläser, die in der übrigen Optik sehr nützlich angewandt werden kann, findet man schon vieles in der Optik der Herren **Smith** und **Käſtner**, und in den Abhandlungen des Herrn **Eulers**, in den Petersburger und Berliner Sammlungen, wiewohl sie das zurückgeworfene und zerstreuete nicht mit in Betrachtung gezogen haben, worauf aber Herr **Lambert** seine Untersuchungen erweitert, und auch die Helligkeit durch mehrere Gläser berechnet.

Der

Der dritte Theil enthält die Berechnung des von undurchſichtigen Körpern, beſonders von Spiegeln, zurückgeworfenen Lichtes. Von dem auf ſolche Körper fallenden Lichte wird nur ein Theil ſo zurückgeſandt, als wenn ſie eine völlig glatte Oberfläche hätten; ein Theil wird wegen der Ungleichheiten nach allen Seiten hin zerſtreuet; ein Theil, der in die Blättchen an der Oberfläche des Körpers dringt, geht von dieſen wieder zurück und giebt dem Körper ſeine Farbe; ein Theil endlich geht in dem Körper ſelbſt verlohren. Nach den theoretiſchen Unterſuchungen, deren Abriß ich ungern weglaſſe, erzählet Herr Lambert ſeine Verſuche, worinn er aber nicht zu ſehr ins Einzelne geht wie **Bouguer**. Er erleuchtete durch eine Lichtflamme eine weiße Wand ſenkrecht, beſchattete einen Theil derſelben und ließ auf dieſen Theil das Licht von 4 mit Queckſilber foliirten Spiegeln fallen, ſo daß der beſchattete Theil ſo helle von den Spiegeln ausſah, wie der von dem Lichte unmittelbar erleuchtete. Das Licht fiel auf die Spiegel, und von da auf die Wand faſt ſenkrecht. Er fand, daß von 10000 auffallenden Strahlen 4648 verlohren giengen, und nur 5352 zurückgeworfen wurden. Dabey findet er, daß das Queckſilber $\frac{1}{3}$ des ſenkrecht einfallenden verſchlucket, wiewohl es etwas mehr zurückſenden mag, wenn die Strahlen unmittelbar aus der Luft darauf fallen. Ferner vergleicht Hr. L. die Helligkeit des erleuchtenden und des erleuchteten undurchſichtigen Körpers, deſſen Oberfläche rauh iſt, und beſtärket zuerſt den Anfangs feſtgeſetzten Satz, daß die directe Erleuchtung wie der Sinus des Emanationswinkels abnimmt, durch einen Verſuch: da er nämlich die Bilder von zwo gleichmäßig erleuchteten, aber gegen die Axe eines Linſenglaſes ungleich geſtellten Flächen, in gleichen Entfernungen von der Axe gleich helle findet. Ein undurchſichtiger Körper kann in zweyerley Abſichten weiß genannt werden, einmal, wenn er das auffallende Licht ſo zurückwirft, daß die gefärbten Strahlen darinn in der zur Weiße gehörigen Miſchung vorhanden ſind, es mag nun ſo viel von dem auffallenden ſeyn, als da wolle; zweytens, und das wäre der höchſte Grad der Weiße (albedo abſoluta) wenn er alles weiße auffallende Licht wieder zurückſendet, dergleichen es aber wohl nicht giebt. Man kann aber dieſe Weiße zur Einheit brauchen, um die wirkliche Weiße in dieſem Verſtande dadurch auszudrücken. Hier giebt unſer Verfaſſer einen ſehr merkwürdigen Lehrſatz, den ich wegen ſeiner Neuheit und Brauchbarkeit nicht vorbey laſſen kann. Er iſt folgender: wenn die Ebene G von einer Lichtflamme L ſenkrecht erleuchtet wird, und vermittelſt eines Linſenglaſes AB das Bild derſelben F auf der Ebene DF in einer ſolchen Entfernung aufgefangen wird, daß die Helligkeit in der Mitte des Bildes F der Helligkeit eben der Ebene in D von dem gerade auffallenden Lichte gleich iſt, ſo erhält man die **Weiße** der Ebene G, wenn das Product aus dem Quadrate der Entfernung LG und dem Quadrate der Secante des Winkels AGC durch das Product aus der Undurchſichtigkeit des Linſenglaſes, dem Quadrate der Entfernung LD und dem Producte der Tangente des Winkels AFC dividiret wird — Weiße bedeutet hier die Menge der zurückgeworfenen Lichtſtrahlen, die Menge der einfallenden durch Eins ausgedrücket; Undurchſichtigkeit die Menge der durch die Linſe wirklich nach F zuſammenkommenden Strahlen, wenn die Menge fig. 74.

der auf die Linse fallenden Eins heißt. Dieses muß durch die Erfahrung vorher ausgemachet werden. So fand er mittelst des obengedachten Linsenglases, daß die Weiße eines Buches Papier von der weißesten Gattung nur 0,4102 oder $\frac{2}{5}$ ist. Ein einzelner Bogen hatte nur eine Weiße von etwa $\frac{2}{15}$. Er bestrich ganz weißes Regalpapier mit Cremserweiß, und fand die Weiße desselben nicht viel größer als vorher, nämlich 0,4230. Auch nahm er zween mit Mennige bestrichene Bogen, stellte einen in G, den andern in F, und verfuhr wie vorher. Hier fand er den Bruch 0,2932, welcher die Menge der rothen zurückgeworfenen Strahlen anzeiget, die Menge der einfallenden rothen Eins gesetzet. Statt der Mennige nahm er Kreuzbeerensaft (s. bacc. rhamni) auch Grünspan und fand für jene Farbe den Bruch 0,2620 in diesem 0,1149.

In dem vierten Theile handelt Hr. Lambert eine Materie ab, die eigentlich den Anfang hätte machen sollen, wenn nicht die obigen Sätze dazu nöthig gewesen wären, nämlich die Lehre von der scheinbaren Helligkeit, besonders wenn das Auge sich der Fernröhre bedienet. Hiervon findet man schon schöne Untersuchungen in der Smithisch-Kästnerischen Optik (und in Hrn. Eulers Dioptrik, T. I. C. IV.) Hr. L. füget dazu noch merkwürdige ihm eigene Berechnungen und Versuche von dem Verhältnisse der Oeffnung des Auges und der Helligkeit des Gegenstandes, die ich aber hier vorbeylasse, um den Raum zu den Untersuchungen zu sparen, welche Herr Lambert in dem fünften Theile über die Zerstreuung des Lichtes, insbesondere bey dem Durchgange durch die Atmosphäre, anstellet.

Hier geht unser Verfasser vom Bouguer sehr ab. Letzterer findet, daß die Dichte des senkrecht auf die Atmosphäre fallenden Lichtes, wenn es die Erdfläche erreichet, 0,8123 ist, die Dichte des auffallenden Lichtes außerhalb der Atmosphäre = 1 genommen. Hr. Lambert hat zu Chur im Graubündner Lande, wo das Barometer 25 Paris. Zoll hoch steht, die Verminderung des Lichtes weit stärker gefunden. Seine Versuche selbst beschreibet er nicht, führet aber an, daß er gefunden, das Licht werde, wenn es senkrecht durch die Atmosphäre geht, in dem Verhältnisse 100:59 geschwächet. Hieraus und aus seinen Rechnungen giebt er folgende Tabelle

Höhe des Gestirnes.	Schwächung des Lichtes, v.	Höhe des Gestirnes.	Schwächung des Lichtes, v.
90	0,5889	40	0,4387
80	0,5841	30	0,3467
70	0,5692	20	0,2126
60	0,5425	10	0,0476
50	0,5009	Licht auser d. Atmosph.	1,0000

Die Rechnung ist bey unserm Verfasser weit leichter, als beym Bouguer. Er beweiset, daß der Logarithme der Schwächung des Lichtes sich wie die Summe aller

aller Hinderniſſe verhält, ohne daß es dabey auf die Krümme des Weges, und die Art der Vertheilung der Hinderniſſe ankömmt, daher man die Atmosſphäre ſo viel niedriger machen kann, als wenn ſie gleichförmig dichte wäre. In dieſer Vorausſetzung berechnet er den Logarithmen der Schwächung des Lichtes ganz leichte, und zwar durch eine Reihe, deren Coefficienten durch die Erfahrung, nämlich durch die Vergleichung des Sonnenlichtes in verſchiedenen Höhen, gefunden werden. Das erſte Glied dieſer Reihe iſt bey Höhen, die nur über 10 Gr. betragen, ſchon hinreichend. Es ſey γ die Entfernung vom Zenith, v die Schwächung, oder die noch übrige Dichte des Lichtes, nachdem es durch die Atmosſphäre gegangen, ſo iſt

$$\log. \frac{1}{v} = 0{,}23 \text{ sec. } \gamma$$

Nach Bouguers Erfahrungen wären

$$\log. \frac{1}{v} = 0{,}089 \text{ sec. } \gamma.$$

Weiter unterſuchet Hr. Lambert auch die Helligkeit durchſichtiger Mittel, beſonders der Atmosſphäre, von dem darinn zerſtreueten Lichte. Die gröſte Helligkeit der Luft iſt theils im Horizonte, theils in der Gegend der Sonne ſelbſt. Hr. L. geht hier viel weiter, als Bouguer und giebt ſehr nette Formeln, die Helligkeit der Luft für jede Stelle des Himmels und der Sonne zu berechnen. Die Reſultate derſelben enthält folgende Tabelle.

Höhe der Sonne.	Helligkeit im Horizonte.	Helligkeit neben der Sonne.	Helligkeit im Scheitelpuncte.
90	0,6310	0,2906	0,2906
80	0,6265	0,2923	0,2897
70	0,6126	0,3002	0,2864
60	0,5876	0,3123	0,2805
50	0,5482	0,3248	0,2710
40	0,4885	0,3500	0,2562
30	0,3972	0,3666	0,2338
20	0,2602	0,3503	0,1927
10	0,0705	0,1870	0,1178

Die Einheit zu dieſen Zahlen iſt die Helligkeit einer von der Sonne beſchienenen, außerhalb der Atmosſphäre befindlichen Partikel, die man außerhalb derſelben ſähe. Für eine jede Stelle des Himmels die Helligkeit der Luft zu erhalten, muß man aus der zwoten Columne den Unterſchied der Horizontalhelligkeiten nehmen, welche neben der Höhe der Sonne und der gegebenen Stelle ſtehen, dieſe mit der Coſecante der Höhe der gegebenen Stelle multipliciren, und mit dem Unterſchiede der Coſecanten der Höhe der Sonne und dieſer Stelle dividiren. Es ſind freylich bey dieſer Berechnung noch einige Umſtände, die in der Natur eintreten, aus der Acht gelaſſen, weswegen die Stellen neben der Sonne heller, als nach der Tabelle

ausfallen werden; dennoch mag dieſe Ausrechnung für die Luftperſpectiv von groſſem Nutzen ſeyn. Auch berechnet Herr Lambert eine Tafel, (§. 908, 985.) worinn für verſchiedene Höhen der Sonne die Helligkeit einer horizontalen Ebene, die entweder von der Sonne allein, oder von dem heitern Himmel allein erleuchtet wird, angegeben iſt. Den Beſchluß dieſes Theiles machet eine natürliche Geſchichte der Dämmerung.

Der ſechſte Theil iſt der Beſtimmung der Erleuchtung unſers Sonnenſyſtems gewidmet. Hieran haben ſchon mehrere vor Hrn. L. gearbeitet, als **Thümmig**, *) **Smith**, **) **Kies**, ***) **Euler** †) und **Bouguer** ††). Unter dieſen betrachtet **Thümmig** bloß die Dichte des ſenkrecht auf die Hauptplaneten fallenden Sonnenlichtes, welches er nach dem umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen berechnet, ſo daß ſeine Rechnung unrichtig iſt, wenn alle Planeten einerley Weiße haben. **Kies** unterſuchet die Fälle, in welchen der Glanz der Venus am ſtärkſten iſt, nimmt aber auf den Unterſchied der Erleuchtung und der geſehenen Klarheit nicht Rückſicht. **Bouguer** beſtimmte durch Verſuche das Verhältniß zwiſchen der Helligkeit der Sonne und derjenigen des Mondes, wie 300000 zu 1. **Smith** ſuchte es durch Schlüſſe auf zweyerley Art, und fand es 90900 zu 1, wenn der Mond völlig weiß iſt, oder alle auffallende Strahlen zurückwirft. Das Licht der Mondsbrüche läßt er in gleichem Verhältniſſe mit der Breite des Bruches abnehmen. **Euler** ſetzet das Verhältniß wie 374000 zu 1 an; machet aber wie Smith keinen Unterſchied zwiſchen der geſehenen Klarheit und der Erleuchtung, und zieht den Emanationswinkel nicht in Betrachtung.

Herr Lambert nimmt alſo die Sache nach ſeiner Art von Grunde aus vor, und machet mit der Unterſuchung des Mondenlichtes den Anfang. Vorausgeſetzet, daß der Mond den vierten Theil des auffallenden Lichtes zurückwirft, oder daß ſeine Weiße $\frac{1}{4}$ iſt, ſo iſt die Sonne 277000mal heller als der Mond. Dieſes geht von von der Bouguerſchen Beſtimmung nicht viel ab, kömmt auch von einer andern Seite mit Smiths Vorausſetzung überein, als der die Helligkeit des Mondes der Helligkeit des heitern Himmels gleich hält, welche unſer Verfaſſer genau auch 277000mal ſo klein findet, als die Klarheit der Sonne. Indeſſen ſcheint dieſe Helligkeit Herrn Lambert doch zu groß. Denn das weißeſte Bleyweiß hat nur eine Weiße, die $\frac{2}{3}$ iſt. Er läßt alſo dieſen Punct unausgemachet, berechnet aber dagegen auf eine neue Art die geſehene Klarheit des Mondes nach allen ſeinen Geſtalten. Zur Einheit nimmt er die Helligkeit derer Theile an, die mitten auf dem Monde liegen, wenn ſie ſenkrecht, wie in dem Vollmonde erleuchtet werden, und zwar, da ſie nicht immer gleich iſt, nach einem Mittel.

Entfern.

*) In den Diſſert. de propagatione luminis, per ſyſtema Planetarium. Halae 1721.

**) Lehrbegr. der Optik, S. 382. d. d. A.

***) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1750. p. 218.

†) Ibid. p. 280.

††) Tr. d'Optique, p. 85.

Entfern. des ☾ von der ☉.	Mittlere Klarheit der Mondsgeſtalt.	Entfern. des ☾ von der ☉.	Mittlere Klarheit der Mondsgeſtalt.
0°	0,0000	90	0,4244
10	0,0494	100	0,4657
20	0,0986	110	0,5048
30	0,1475	120	0,5413
40	0,1959	130	0,5747
50	0,2437	140	0,6043
60	0,2907	150	0,6294
70	0,3366	160	0,6490
80	0,3814	170	0,6619
90	0,4244	180	0,6666

Auch giebt uns Herr Lambert eine Berechnung der Erleuchtung einer Ebene von dem Monde, außerhalb der Atmosſphäre, auf welche Art auch die Klarheit der vorſtehenden Tabelle zu nehmen iſt. Er unterſuchet darauf wie ſehr der Mond durch das von der Erde zurückgeworfene Licht, welches man an dem Neumonde deutlich wahrnimmt, erleuchtet werde. Die Weiße der Erde rühret nicht ſowohl von ihrer Oberfläche, als von ihrer Atmosſphäre her. Das Waſſer wirft wenig Licht zurück, das feſte Land auch nicht viel, außer was mit Schnee bedecket iſt. Hingegen verhält ſich die Helligkeit der Atmosſphäre zu der Helligkeit des Bleyweißes, bey einer Höhe der Sonne von 60 Gr. und bey ſenkrecht auffallenden Strahlen, wie 2 zu 5. Da nun die Weiße des Bleyweißes 0,4 iſt (es ſendet von 10 Strahlen 4 zurück) und die Sonnenſtrahlen bey einer Höhe von 60 Grad in dem Verhältniſſe 5 : 3 geſchwächet werden, ſo iſt die Helligkeit einer vollkommen weißen Ebene zu der mittlern Helligkeit der Atmosſphäre wie $(\frac{5}{3}.\frac{5}{2}):\frac{2}{7} = 125:12 = 10\frac{1}{2}:1$. Würde alſo weiter kein Licht von der Erde auf den Mond zurückgeworfen, ſo wäre die Weiße der Erde $\frac{1}{10}$. Wird dieſe noch durch das Licht von dem Körper der Erde um $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ vermehret, ſo wird die Weiße der Erde $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$. Größer mag auch die Weiße des Mondes ſchwerlich ſeyn, obgleich Bouguers Verſuch ſie größer zu machen ſcheint.

Von dem Monde geht unſer Verfaſſer zu den Planeten, deren Helligkeit zu meſſen er die Helligkeit des Mittels der erleuchteten Erdfläche zur Einheit annimmt, und dieſe Helligkeiten umgekehrt den Quadraten der Entfernungen von der Sonne proportional machet.

Planeten.	Centralhelligkeit in der Opposition.		
	größte	mittlere	kleinste.
Jupiter	0,0120	0,0110	0,0099
Saturn	0,0408	0,0370	0,0334
Mars	0,5234	0,4307	0,3608
Erde	1,0134	1,0000	0,9672
Venus	1,9396	1,9113	1,8856
Mercur	10,1760	6,6735	4,5560

Die Zahlen dieser Tabelle brauchet man nur durch die Zahlen für die Mondsgestalten zu multipliciren, um die mittlere Helligkeit jeder Phase zu erhalten. Man muß wissen, daß die Helligkeit der ganzen erleuchteten Scheibe allemal $\frac{2}{3}$ der Centralhelligkeit ist. Die obern Planeten zeigen nicht alle Phasen, wie es die untern thun, und verändern sich daher in der Helligkeit wenig. Denn bey einerley Entfernung des Planeten von der Sonne ist das Verhältniß zwischen der Helligkeit der völlig erleuchteten und der am meisten verminderten Scheibe für

Saturn — 1:0,998
Jupiter — 1:0,990
Mars — 1:0,862

Von dieser Erleuchtung ist die Helligkeit der Planeten, in so fern sie ins Auge fällt, noch unterschieden, als welche sich wie die Menge des Lichtes, das ins Auge kömmt, dividiret durch die Oeffnung des Bildes auf der Netzhaut verhält. Diese verhält sich demnach umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne, directe wie das Quadrat des Sinus des scheinbaren Durchmessers des Planeten von der Erde gesehen; und muß dabey in dem Verhältnisse der Centralhelligkeit des Planeten, wenn er in der Opposition ist, zu der mittlern Helligkeit seiner Phase, wie auch im Verhältnisse der scheinbaren ganzen Scheibe zu der scheinbaren Größe der Phase vermindert werden; wobey es endlich noch auf die Weiße des Planeten ankömmt. Setzet man die Weiße bey allen gleich, so verhält sich die Erleuchtung bey den obern Planeten in der Opposition, und bey den untern in der Dichotomie, wie folget.

Saturn	—	—	1
Jupiter	—	—	22
Mars	—	—	108
Venus	—	—	307
Mercur	—	—	97

Diese Verhältnißzahlen müssen noch durch die Größe des Bildes jedes Planeten auf der Netzhaut dividiret werden, um die wahre Helligkeit mit bloßen Augen zu erhalten. Dieses Bild ist größer, als es mathematisch seyn müßte, nicht allein wegen der kleinen Ausbreitung der Lichtkegel auf der Netzhaut, sondern auch, weil die

nächst

nächſt dem Bilde gelegenen Fibern mit gereizet werden, und das Bild nicht ruhig an einer Stelle bleibt, weswegen die Stellen, auf welchen es herumirret, den Eindruck eine kurze Zeit behalten, und das Bild vergrößern. Dieſes ſo vergrößerte Bild nennt Hr. L. imaginem ſenſibilem. Es iſt für jeden Planeten ein anderes, und daher werden die Helligkeiten ſich der Gleichheit mehr nähern, als die angeführten Zahlen. — Den Beſchluß dieſes Theils machen Unterſuchungen über das Licht der Fixſterne und Muthmaßungen über ihre Entfernungen.

Der letzte Theil enthält Rechnungen und Verſuche über die Stärke des gefärbten Lichtes und des Schattens. Der Unterſchied verſchiedentlich gefärbter Strahlen, in Abſicht auf die Helligkeit, iſt ſo geringe, daß man aus demſelben die ſo verſchiedene Beſchaffenheit der Farben, die den Augen ſo ſichtbar iſt, ſchwerlich herleiten kann. Es kömmt die Helligkeit theils auf die Stärke jeder Gattung von Strahlen, theils auf ihre Dichte an. Dieſes beydes für jede Farbe zu beſtimmen, iſt ſehr ſchwer; doch hat unſer Verfaſſer verſchiedene Verſuche, und einen Entwurf zu einer Berechnung, mitgetheilet, die in der Sache einiges Licht geben, und verſpricht mehreres in der **Pyrometrie** zu liefern, wozu dieſes ganze Buch nur die Vorbereitung hat ſeyn ſollen.

Drittes Kapitel.

Bemerkungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen Farbe des Himmels, und der rothen Farbe der Wolken des Morgens und des Abends.

Es ſind mancherley natürliche Erſcheinungen, die da beweiſen, daß die weniger lebhaft farbige Strahlen auf ihrem Wege durch die Atmosſphäre aufgehalten, und nach andern Körpern hin zurückgeſandt werden, wenn die rothen und hochgelben Strahlen viel weiter durchdringen. Dieſer Umſtand erkläret die Wahrnehmungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen Farbe des Himmels, und der rothen Farbe der Wolken zur Zeit, da die Sonne dem Horizonte nahe iſt. Die beyden letzten Ereigniſſe mußten jedem in die Augen fallen, allein jenes andere hat der berühmte **Otto Guerike** zuerſt bemerket, und nach ihm, weil man nicht weiter darauf Acht gegeben, der Herr **von Büffon**. Da daſſelbe ſonderbar genug iſt, und in der Folge die Beobachtungen davon mit vieler Kunſt vervielfältiget worden, auch die Urſache völlig erkläret iſt, ſo will ich der Sache etwas mehr Raum gönnen, als ſie ſonſt wohl verdienen möchte.

Die Meynungen der ältern Schriftſteller von der blauen Farbe des Himmels verdienen kaum erzählet zu werden. **Fromondus** glaubete, daß ſie aus einer Miſchung von Licht und der Schwärze des Raumes jenſeits der Atmosſphäre entſtünde. **Faber**, der mit dieſer Meynung ſehr unzufrieden war, behauptete dagegen, daß ſie von der Zurückwerfung des Lichtes an den in der Luft herumſchwebenden Theilchen herrühre; und **Funccius**, der über dieſe Sache ein ganzes Buch geſchrieben, leitete

Meynungen von den Urſachen der blauen Farbe der Luft.

tete faſt wie Fromond die blaue Farbe des Himmels von einer Miſchung vieles Schattens und wenig Lichtes her. Fromonds Meynung ward bis auf die gegenwärtige Periode faſt allgemein angenommen, und hat ſelbſt in den neuern Zeiten Vertheidiger gefunden, unter andern den berühmten **Wolf** und **Muſſchenbroek**. Dr. **Eberhard** ſelbſt, der dieſe Meynungen erzählet, glaubet, daß die Luft ihre eigenthümliche Farbe habe, darum weil ſie die blauen Strahlen ſtärker als die andern **bricht** [a]). Allein hiedurch wird die Abſonderung aller blauen Strahlen von allen rothen für ein innerhalb der Atmosſphäre befindliches Auge keinesweges erkläret. Außerdem hat man eine leichte Erklärung der Erſcheinung, wenn man, wie Bouguer und andere ſchon vor Herrn Eberhard behauptet haben, annimmt, daß die blauen Strahlen von der Luft leichter zurückgeworfen und die rothen leichter durchgelaſſen werden.

Otto Guerikens Erklärung.

Otto Guerike ſowohl als alle ſeine Zeitgenoſſen glaubten, daß die blaue Farbe des Himmels nichts als eine Miſchung von Licht und Schatten, oder von Weiß und Schwarz wäre; auch verſichert er, daß eine ſolche Miſchung Blau giebt. Zum Beweiſe führet er an, daß wenn man des Morgens ein brennendes Licht verdecket und den Schatten auf weißes Papier fallen läßt, dieſer vollkommen blau und nicht ſchwarz ſeyn werde [b]). Man ſollte denken, wenn er weiße und ſchwarze Pulver wirklich mit einander vermiſchet hätte, daß er geſehen haben müßte, daß die Miſchung nicht blau wird, und daß alſo die blaue Farbe in jenem Falle eine andere Urſache haben müſſe. Allein Otto Guerike iſt nicht der einzige große Mann, der die einfältigſten Facta und Bemerkungen überſehen hat, wenn ſie ſich nicht zu einer beſondern Hypotheſe ſchickten. Wir dürfen uns deſtoweniger wundern, daß ein ſo frühzeitiger Naturforſcher die Erſcheinung unrecht erkläret hat, da wir finden, daß ſelbſt **Büffon** und **Mazeas**, welche ſie ſorgfältig unterſuchet haben, nicht auf den rechten Grund gekommen ſind. Das iſt aber merkwürdig, daß ein ſo ſonderbares Ereigniß, wie das mit dem blauen Schatten, faſt ein ganzes Jahrhundert unbemerket bleiben konnte, und auch denn nicht anders als zufälliger Weiſe, wie zum erſtenmale bemerket werden mußte. Denn es war erſt im Monat Julius 1742, daß Herr von **Büffon**, da er mit der Unterſuchung der zufälligen Farben (wovon unten am gehörigen Orte) beſchäfftiget war, und auf die untergehende Sonne wartete, um ohne Schaden ſie anſehen zu können, und darauf die Farben mit ihren Abwechſelungen, welche der Eindruck des Lichtes auf ſein Auge hervorbrachte, zu bemerken, an den Schatten der Bäume, die auf eine weiße Mauer fielen, eine grüne Farbe wahrnahm. Er ſtand zu der Zeit auf einer Anhöhe, und die Sonne gieng in einer Oeffnung zwiſchen zween Bergen unter, ſo daß ſie ziemlich tief unter ſeinem Horizonte zu ſeyn ſchien. Der Himmel war heiter, außer in Weſten, wo er zwar ohne Wolken, aber doch mit Dünſten, von einer ins röthliche fallenden gelben Farbe dünne überzogen war. Die Sonne ſelbſt ſahe ſehr roth aus, und ſchien wenigſtens viermal größer als zu Mittage. Unter dieſen Umſtänden bemerkte er

Er bemerkt zuerſt die blaue Farbe der Schatten.

nach ihm von Buffon.

ganz

a) Acta noua Ac. Caeſ. Tom. 2. App. p. 263. b) Exper. Magdeb. p. 142.

ganz deutlich, daß die Schatten der Bäume, welche 30 bis 40 Fuß von der Mauer ſtanden, eine zarte grüne Farbe, die etwas ins blaue fiel, hatten. Der Schatten einer Laube, die drey Fuß von der Mauer ſtand, war auf derſelben genau abgezeichnet, und ſahe aus, als wenn er ganz friſch mit Grünſpan gemalet wäre. Dieſe Erſcheinung dauerte faſt fünf Minuten, worauf ſie immer ſchwächer ward, und mit dem Sonnenlichte zugleich verſchwand.

Den folgenden Morgen gieng er mit Sonnenaufgang aus, andere Schatten auf einer andern weißen Mauer zu beobachten, aber anſtatt ſie, wie er vermuthete, grün zu finden, fand er ſie blau, oder vielmehr von einer lebhaften Indigofarbe. Der Himmel war heiter, außer daß ſich in Oſten ein dünner Vorhang gelblichter Dünſte befand, und die Sonne gieng hinter einem Hügel auf, ſo daß ſie über ſeinem Horizonte erhaben war. Unter dieſen Umſtänden blieben die Schatten nur drey Minuten lang blau und wurden darauf ſchwarz. An dem Abende dieſes Tages beobachtete er die grünen Schatten genau wie den vorigen Tag. Die ſechs folgenden Tage hinderten ihn die Wolken, ſeine Beobachtungen zu wiederholen; aber am ſiebenten Tage bey Sonnenuntergange waren die Schatten nicht grün, ſondern ſchön himmelblau. Er bemerkte dabey, daß der Himmel damals wenig Dünſte hatte, und daß die Sonne hinter einem Felſen untergieng, weswegen ſie verſchwand, ehe ſie ſeinen Horizont erreichte. Von dieſer Zeit an beobachtete er ſowohl beym Aufgange als Untergange der Sonne die Schatten ſehr oft, fand ſie aber immer blau, allein auf mancherley Art ſchattiret. Er ließ dieſe Erſcheinung verſchiedene ſeiner Freunde bemerken, die ſich eben ſo ſehr darüber wunderten, als er es ſelbſt gethan hatte. Jeder, erinnert er, kann einen blauen Schatten ſehen, wenn er beym Aufgange oder Untergange der Sonne ſeinen Finger vor einem Stücke weißen Papiers hält. c)

Wie Mayeas ſie erkläret.

Der erſte, der dieſe Erſcheinung zu erklären verſuchte, war der Abbe **Mayeas**, in den Abhandl. der Königl. Akad. zu Berlin vom J. 1752. Er beobachtete, da er einen dunkeln Körper von dem Monde und einer Lichtflamme zugleich erleuchten ließ, daß von den beyden Schatten deſſelben, die auf eine weiße Wand fielen, derjenige, den die Lichtflamme erleuchtete, röthlich, und der von dem Monde erleuchtete, blau ausſah. Aber, ohne ſonſt einen andern Umſtand in Betrachtung zu ziehen, wollte er dieſe Farben aus der Verminderung des Lichtes herleiten. d) Dagegen ſcheinen die Herren **Melville** und **Bouguer** jeder für ſich auf die wahre Urſache dieſer beſondern Erſcheinung, die ich ſchon beyläufig angeführet habe, gekommen zu ſeyn. Da kein Körper, ſaget der erſtere, eine gewiſſe Farbe zeiget, als darum, weil er gewiſſe Gattungen von Strahlen häufiger als andere zurückſendet, da man auch nicht die Beſtandtheile der reinen Luft für grob genug halten kann, daß ſie für ſich im Stande wären, die Strahlen in Farben abzuſondern, ſo müſſe man

Melvilles Erklärung.

mit

c) Mem. de l'Acad. de Paris, 1743. p. 217.

d) Der Mondſchatten war in dieſem Verſuche von der Lichtflamme, und der Lichtſchatten von dem Monde erleuchtet. K.

mit Newton annehmen, daß die Strahlen, welche die Empfindung der blauen und violetnen Farbe erregen, häufiger als die übrigen von den feinen Dünsten zurückgesandt werden, die durch den Dunstkreis zerstreuet, und deren Theile nicht groß genug sind, um sie als undurchsichtige Wolken sichtbar zu machen. Ohne sich auf Otto Guerike oder auf Büffon zu beziehen, vermuthlich auch ohne ihre Wahrnehmungen zu kennen, zeiget er, daß unter gewissen Umständen, die bläulichte Farbe des von der Luft zurückgeworfenen Lichtes wirklich an den davon erleuchteten Körpern wahrgenommen werde; wie man, saget er, einwendet, daß es immer nach seiner Hypotheſe geschehen müßte. Denn wenn man bey einem heitern unbewölkten Himmel auf ein weißes Papier einen Körper leget, und beydes in die Sonne stellet, so wird der Schatten, der bloß von dem Lichte des Himmels erleuchtet wird, gegen das übrige, von der Sonne gerade zu erleuchtete Papier ziemlich bläulicht aussehen. e)

Bouguers Erklärung.

Bouguer nimmt die Dünste in der Atmosſphäre nicht zu Hülfe, die Zurückwerfung der blauen Strahlen zu erklären, sondern leitet diese vielmehr aus der Beschaffenheit der Luft selbst her, welche mache, daß die weniger lebhaft gefärbten Strahlen nicht sehr weit durch sie durchdringen können. Daraus erkläret er die vom Büffon wahrgenommene blaue Farbe der Schatten des Morgens oder des Abends, welche, wie er saget, von den Malern sehr wohl bemerket ist, die man auch bey einer Lichtflamme kurz vor Sonnenaufgange wahrnehmen könne, allein wovon man, so viel er wisse, den wahren Grund nicht angegeben habe. Die Farbe des Lichtes von der Atmosſphäre, welches diese Schatten erleuchtet, verursache diese Erscheinung. In dieser Farbe seyn die blauen Strahlen am häufigsten vorhanden, deren eine große Menge schief zurückprelle, dagegen die rothen Strahlen, welche nicht so weit zurückgeworfen werden, ihren Weg weiter fortsetzen, und auf den Schatten keinen Einfluß haben. f)

Warum der ganz verfinsterte Mond kupferroth erscheint.

Hierbey muß ich noch anführen, daß Dr. Smith aus dem Grunde, weil die blauen Strahlen von der reinen Luft am häufigsten zurückgesandt werden, die rothe Farbe der Sonne und des Mondes, wenn sie nahe am Horizonte sind, und die Kupferfarbe des Mondes bey gänzlichen Verfinsterungen erkläret. g)

Beguelins Erklärung und Beobachtungen.

Herr Beguelin, der diese Sache am sorgfältigsten untersuchet hat, bemerket, daß, weil Büffon saget, er habe die Schatten nur zweymal grün gesehen, da sie sonst immer blau gewesen, die ordentliche Farbe derselben blau seyn müsse, und daß diese durch einen zufälligen Umstand verändert worden. Grün sey nur eine Mischung von blau und gelb, so daß diese zufällige Veränderung von der Beymischung einiger gelber Strahlen in dem Schatten entstanden seyn möge; vielleicht habe auch die Mauer einen gelblichten Anstrich gehabt, daß also die blaue Farbe nur es sey, welche man zu erklären habe. Diese aber lasse sich ganz natürlich von der Farbe der reinen Luft herleiten, die uns blau scheint, und die also diejenigen Strahlen, welche die Empfindung dieser Farbe erregen, vor andern häufig zurücksendet.

e) Edinb. Eſſays, vol. 2. p. 75.
f) Tr. d'Opt. p. 368.
g) Opticks, Remarks, p. 63. (d. d. Ausg. S. 425.)

ſendet. Alle Gegenſtände, welche von der Sonne unmittelbar erleuchtet werden, erhalten zu gleicher Zeit mehr oder weniger von der Luft zurückgeworfene Strahlen; und da dieſe noch immer auf eine Sache fallen können, wenn gleich die von der Sonne gerade herkommenden aufgefangen werden, ſo ſey es kein Wunder, daß der beſchattete Theil einige von den blauen Strahlen zurückſenden könne, und daß man dieſe empfinde, ſobald das Licht, welches die Empfindung derſelben überwältigte, bis auf einen gewiſſen Grad geſchwächet wird, wie es der Fall um die Zeit des Aufganges oder Unterganges der Sonne iſt.

Seine Erklärung zu beſtätigen, fügete er einige von ihm ſelbſt gemachte artige Beobachtungen hinzu, in welchen die Erſcheinung ſich auf mehrerley Arten zeiget und derentwegen ich ſeine Bemerkungen vorangeſchicket habe. Da er ſich im Julius 1764 in dem Dorfe Buchholz auf hielte, beobachtete er auf freyem Felde bey heiterm Himmel die Schatten, welche auf die weißen Blätter ſeiner Schreibtafel fielen. Um halb ſieben Uhr des Abends, da die Sonne etwa vier Grad hoch ſtand, bemerkete er, daß der Schatten ſeines Fingers dunkelgrau war, wenn er die Schreibtafel ſenkrecht der Sonne entgegengeſetzt hielt; wenn er ſie aber beynahe horizontal hielt, daß die Sonnenſtrahlen ſehr ſchief auf das Papier fielen, ſo bekam der erleuchtete Theil eine bläulichte, und der Schatten auf dem Papiere eine ſchöne hellblaue Farbe[h]).

Wenn er ſein Auge zwiſchen der Sonne und dem horizontal gehaltenen Papier ſtellete, ſo hatte dieſes, ungeachtet es von der Sonne erleuchtet war, immer eine bläulichte Farbe; hielt er aber das Papier in dieſer Lage zwiſchen der Sonne und dem Auge, ſo konnte er auf jedem kleinen Hügelchen, den die Ungleichheit des Papiers machete, die vornehmſten prismatiſchen Farben entdecken, die er ſelbſt an den Nägeln der Finger und an der Haut ſeiner Hand bemerken konnte.[i]) Die Menge dieſer roth, gelb, grün und blau gefärbter Puncte verdrang beynahe die natürliche Farbe der Gegenſtände.

Um dreyviertel nach ſechs Uhr fieng der Schatten an blau zu werden, wenn auch gleich die Strahlen ſenkrecht auf das Papier fielen. Die Farbe war lebhafter, wenn die Strahlen unter einem Winkel von 45 Gr. dagegen geneigt waren. Selbſt bey einer kleinern Neigung des Papieres bemerkte er ſchon deutlich, daß der blaue Schatten zu oberſt einen blauern Rand und zu unterſt einen rothen Rand hatte. Allein dieſe Ränder zu erkennen, mußte der beſchattende Körper nahe an das Papier gehalten werden. Denn in einer Entfernung von drey Zoll war der ganze Schatten blau. Jedesmal, wenn er die Schreibtafel offen gegen den Himmel gehalten hatte, kehrete er ſie auch gegen den Erdboden zu, der mit Grün bewachſen war, und hielte ſie ſo, daß die Sonne ſie beſcheinen und die Schatten von verſchiedenen Dingen darauf fallen konnten; allein in dieſer Lage konnte er bey keiner Neigung

h) Die Helligkeit des Papiers war in dem letzten Falle, wegen des kleinen Neigungswinkels der Sonnenſtrahlen ſehr geringe. K.

i) Eine Wirkung der Beugung des Lichtes vermuthlich. K.

gnng der Sonnenſtrahlen, wie ſie auch ſeyn mochte, an dem Schatten eine blaue oder grüne Farbe entdecken.

Um ſieben Uhr, da die Sonne noch etwa zween Grad hoch ſchien, hatten die Schatten eine ſehr blaue Farbe, ſelbſt wenn die Strahlen ſenkrecht aufs Papier fielen. Dieſe war am ſchönſten, wenn das Papier mit dem obern Theile von der Sonne abwärts unter einem Winkel von 45 Gr. geneigt war; was er aber nicht erwartete, war, daß die blaue Farbe ſich verlohr, wenn ein größerer Raum des Himmels das Papier erleuchtete, dergeſtalt, daß bey einer horizontalen Lage deſſelben der Schatten gar nicht mehr blau, oder es nur ſehr ſchwach war. Dieſen beſondern Umſtand erklärte er daraus, daß die Helligkeit des von der Sonne erleuchteten Theiles des Papiers und des beſchatteten Theiles in dieſer Lage ſehr wenig unterſchieden waren, da die Erleuchtung abnimmt, je mehr die Fläche gegen die Strahlen geneigt wird. Auf dieſe Art hatten zu viel und zu wenig Helligkeit einerley Wirkung, wiewohl aus verſchiedenen Urſachen. Uebrigens ſahe Herr Beguelin niemals einen grünen Schatten, als wenn er ihn auf gelbes Papier fallen ließ. Doch behauptet er nicht als gewiß, daß nicht auf eine andere Art noch grüne Schatten möglich ſeyn, und glaubet, wenn Büffon die blauen Schatten auf derſelben Mauer geſehen hat, auf welche er eben Tage vorher die grünen geſehen hatte, daß die Urſache davon in den gelben Strahlen zu ſuchen iſt, welche von den gelblichen Dünſten, deren Büffon erwähnet, zurückgeworfen worden.

Man kann auch, nach unſerm Verfaſſer, blaue Schatten zu einer andern Zeit als bey Sonnenaufgange oder Untergange ſehen; denn am 19 Julius hat er ſolche um drey Uhr Nachmittags wahrgenommen; die Sonne war aber zu der Zeit in einen ſehr hellen Nebel gehüllet, der ihr Licht ſchwächte.

Bey heiterm Himmel fangen die Schatten an ſich blau zu färben, wenn der wagerechte Schatten eines Körpers achtmal länger als der Körper hoch iſt, oder wenn die Höhe des Mittelpuncts der Sonne 7° 8′ beträgt. Dieſe Wahrnehmung machte er im Auguſt.

Außer denen gefärbten Schatten, die bey gerade auffallenden Strahlen der Sonne entſtehen, kann man, nach unſerm Verfaſſer, dergleichen auch faſt zu jeder Stunde des Tages, in Zimmern wahrnehmen, welche das Sonnenlicht durch die Zurückwerfung von einem weißen Gegenſtande, als einem gegen über liegenden weißen Hauſe, erhalten, wofern man nur von dem Orte des Verſuches einen Theil des klaren Himmels entdecken kann, und ſonſt alles unnöthige Licht ſo viel möglich zurücke hält. Beobachtet man dieſe Vorſicht, ſo kann man, ſaget er, zu jeder Zeit, ſelbſt wenn das Sonnenlicht gerade in das Zimmer fällt, blaue Schatten ſehen und ſich überzeugen, daß die blaue Farbe genau an denjenigen Stellen des Schattens verſchwindet, von welchen man keinen Theil des blauen Himmels ſehen kann.

Alle Beobachtungen, welche Hr. Beguelin über den röthlichgelben Rand der Schatten machete, deſſen oben gedacht iſt, leiteten ihn auf den Gedanken, daß der Mangel des von dem Himmel zurückgeworfenen blauen Lichtes an dieſer Stelle

Schuld

Schuld daran ſeyn müßte, daher dieſer Theil des Schattens entweder von dem rothen Lichte der Wolken, oder von dem Lichte, welches ein oder anderer Körper in der Nähe dahin zurückgeſandt, erleuchtet worden. In dieſer Meynung ward er dadurch beſtärket, daß der beſchattende Körper ſehr nahe an den weißen, der den Schatten auffangen ſollte, geſtellet werden mußte, um dieſen rothgelben Rand hervorzubringen.

Zum Schluſſe ſeiner Bemerkungen über die blauen Schatten führet er noch eine Art derſelben an, die er auf dieſelbe Weiſe wie jene erkläret. Dieſe ſahe er oft im Anfange des Frühlinges, wenn er des Morgens frühe bey Lichte las, und der Schein der Dämmerung und des brennenden Lichtes ſich auf der Wand mit einander vermiſchten. Unter dieſen Umſtänden hatte der Schatten, den er durch einen zwiſchen das Licht und die Wand gehaltenen Körper machete, eine ſchöne hellblaue Farbe, welche deſto tiefer ward, je näher der Körper an die Wand gehalten wurde. An den Stellen, wohin das Tageslicht nicht fallen konnte, waren die Schatten vollkommen ſchwarz[k]).

Urſache der Farben der Wolken nach Melville.

Melville beſtreitet die Meynung, welche Newton und die meiſten Naturkündiger von der Urſache der verſchiedenen Farben, die man des Morgens und Abends an den Wolken wahrnimmt, angeben, und erkläret ſie daher, daß die blauen Strahlen unterwegens längſt einer großen Strecke Luft aufgefangen werden, da hingegen die rothen und orangefärbigen die einzigen ſind, welche bis zu den Wolken durchdringen.

Newton glaubete nämlich, daß die verſchiedenen Farben der Wolken von der verſchiedenen Größe der Kügelchen abhangen, in welche die Dünſte verdicket werden, und geſteht, daß er bey einer ſo durchſichtigen Materie, wie das Waſſer iſt, keinen andern Grund von der Entſtehung dieſer Farben anzugeben wiſſe[l]). Aber, wendet Herr Melville ein, warum ſollten die Theilchen der Wolke genau zu jener Zeit, und zu keiner andern, diejenige Größe erhalten, welche zur Abſonderung der Farben ſchicklich iſt. Und warum ſieht man ſie ſo ſelten, oder vielmehr niemals, blau und grün, ſo gut wie roth, orangenfärbig oder gelb gefärbet. Geſchieht nicht wahrſcheinlicher die Abſonderung der Strahlen während ihres Durchganges durch den horizontalen Luftraum, und werfen die Wolken das Sonnenlicht nicht auf eben die Art zurück und laſſen es durch, wie jeder andere halbdurchſichtiger farbenloſer Körper an ihrer Stelle es thun würde. Denn da die Atmoſphäre die blauen und violetnen Strahlen häufiger zurückwirft, als die übrigen, ſo muß dasjenige Licht, welches durchgeht, ins gelbe, orangenfärbige und rothe fallen, beſonders wenn es einen ſehr großen Luftraum durchgewandert iſt. Dem zu Folge muß ein jeder bemerket haben, daß das Licht der untergehenden Sonne oft ſo tief gefärbet iſt, daß Körper, auf welche es gerade zu fällt, ein hohes Orange oder ſelbſt eine rothe Farbe annehmen. Iſt es alſo, fraget er, ein Wunder, daß zu

k) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1767. p. 27. l) Newtoni Optica L. 2. P. 2. prop. 5. p. 215.

einer ſolchen Zeit die farbenloſen Wolken dieſes Licht mit noch ſtärkerm Glanze und Lebhaftigkeit zurückwerfen?

Auch muß man bemerken, ſaget unſer Verfaſſer, daß die Farbe der Wolken gewöhnlich nicht eher als einige Minuten nach Sonnenuntergange recht lebhaft wird, und daß ſie vom Gelben zum brennenden Golde und von da ins Rothe übergeht, welches immer dunkler, aber auch ſchwächer wird, bis daß das Sonnenlicht ganz aus der Luft geht. Nun iſt es offenbar, daß die Sonnenſtrahlen alsdenn einen viel weitern Weg durch die Luft bis an die Wolken zurück zu legen haben, als wenn die Sonne eben untergehen will; daher es alſo höchſt glaublich iſt, das Sonnenlicht, welches ſchon etwas gelblich oder orangefärbig wird, wenn es durch die Luft am Horizonte hin geht, müſſe immer mehr von der Orangefarbe ins Rothe übergehen, wenn es eine größere Strecke Luft zurücklegen muß. So kann man begreifen, wie die Wolken nach ihren verſchiedenen Höhen, ſich mit ſo mancherley Farben ſchmücken, ohne daß ſie was anders thun, als das Licht der Sonne, ſo wie ſie es erhalten, wieder zurück zu ſenden.

In dieſen Gedanken ward unſer Verfaſſer durch eine Beobachtung beſtärket, die er bey ſeinem Aufenthalte in der Schweiz oft gemachet hatte, wo er bemerkete, daß die mit Schnee bedeckten Gipfel der Alpen, eben ſo wie die Wolken, nach Sonnenuntergange immer röthlicher wurden.

Wird dieſe Erklärung, ſaget er, nicht dadurch ſehr beſtätiget, daß dieſe gefärbten Wolken die dunkele Bleyfarbe, welche ſie von dem Lufthimmel erhalten, ſogleich wieder annehmen, als die Strahlen der Sonne nicht mehr gerade auf ſie fallen. Denn, wenn ihre bunten Farben in einer gewiſſen Größe ihrer Theile ihren Grund hätten, ſo würden ſie faſt dieſelben Farben, wie wohl nicht ſo lebhaft, beybehalten, wenn ſie nur von der Atmoſphäre erleuchtet werden. Um die Zeit des Unterganges der Sonne, oder ein wenig nachher, ſcheint der untere Theil des Himmels, bis auf eine gewiſſe Weite, auf beyden Seiten der Stelle, wo die Sonne untergegangen, ſich wie mit einem ſchwachen Meergrün zu färben, weil alsdenn die durchgelaſſenen Strahlen, als welche gelblich ſind, ſich mit dem Blau des Himmels vermiſchen. In größern Entfernungen verändert ſich dieſes ſchwache Grün allmählig in ein röthlich Braun, weil die Sonnenſtrahlen, indem ſie durch mehr Luft gehen müſſen, ſich zur Orangenfarbe neigen. Zugleich fällt auf der gegen über liegenden Seite des Himmels die Farbe der Wolken am Horizonte merklich ins Purpur, weil nun das durchgehende, mit der azurnen Farbe des Himmels ſich vermiſchende, Licht röthlich wird, indem es durch eine ſo viel größere Strecke Luft gehen muß.

Um völlig zu begreifen, wie die Sonnenſtrahlen, indem ſie durch einen immer größern Raum Luft gehen, ſtufenweiſe von Weiß in Gelb, darauf in Orange, und endlich in Roth fallen, bemerket unſer Verfaſſer, daß man nur nöthig habe, Newtons allgemeine Lehren von der Farbe durchſichtiger Flüßigkeiten, und, wie ich noch zuſetzen möchte, die Erklärung der Erſcheinungen an der Tinctur des nephritiſchen Holzes insbeſondere, auf die Atmoſphäre anzuwenden.

Dieſe

Dieſe gründlichen Bemerkungen beſchließt unſer Verfaſſer mit einer Muthmaßung, daß das gefärbte Licht, welches des Morgens und Abends an den Wolken ſich zu zeigen pfleget, eben dasjenige iſt, welches dem Monde bey gänzlichen Finſterniſſen bisweilen die dunkele Ziegelfarbe giebt, indem es durch die Brechung der Atmoſphäre in den Erdſchatten geworfen wird. Ferner bemerket er, daß, da diejenigen Strahlen, welche durch den gröſeſten Strich Luft gehen, röthlich, die, welche den kleinſten durchlaufen, gelblich, und die dazwiſchen fallenden orangefarbig werden, die rothen Strahlen in den Schatten am ſtärkſten ſich zuſammen neigen müſſen, die orangenfärbigen etwas weniger, und die gelblichen noch weniger; ſo daß die Farbe des ganzen ein wenig erleuchteten Erdſchattens immer röther werden muß, je näher man der Erde kömmt, daher auch die Farbe des Mondes bey gänzlichen Finſterniſſen nach ſeiner verſchiedenen Entfernung von der Erde verſchieden werden, und beym Eintritte und Austritte aus dem Schatten etwas mehr als in der Mitte ins Rothe fallen müßte. Er überläßt den Aſtronomen die Uebereinſtimmung dieſer Theorie mit den Erſcheinungen auszumachen. m)

Muthmaßungen von der Farbe des verfinſterten Mondes.

Viertes Kapitel.

Vermiſchte Bemerkungen, die Zurückwerfung des Lichtes betreffend.

§. 1. Wie durch die Zurückwerfung des Lichtes Hitze hervorgebracht wird.

Es iſt bekannt, daß zu den Wirkungen des Lichtes auch die Hervorbringung der Hitze gehöret, beſonders wenn es dichte iſt, wie das Licht der Sonnenſtrahlen, und hierüber hat man dem Herrn Melville einige ſinnreiche Bemerkungen zu danken. Ein jedes färbendes Theilchen eines undurchſichtigen Körpers, ſaget er, muß durch die Zurückwerfung der Lichttheilchen, die zwiſchen denſelben Theilchen des Körpers hin und her geworfen werden, auch eine ſchwingende Bewegung annehmen, und die Zeit einer Schwingung wird ſo groß ſeyn, als die, welche das Licht brauchet, von einem Theilchen eines Körpers zu dem nächſtliegenden zu kommen. a) Nun kann, ſelbſt in den dichteſten undurchſichtigen Körpern, die Entfernung zweyer ſolcher Theilchen nicht über $\frac{1}{12700}$ eines Zolles betragen, welchen Raum das Licht in $\frac{1}{12700000000000000}$ einer Secunde beſchreibt. Das Licht vermag alſo den innern Theilen der Körper eine ſo ſchnelle Bewegung mitzutheilen, daß ſie 125,000,000,000,000 und mehr Schwingungen in einer Zeit von einer Secunde verrichten. Wenn mehrere Lichttheilchen, es ſey in demſelben Strahle oder in verſchiedenen,

Schwingungen der körperlichen vom Lichte bewegten Theilchen.

m) Edinburgh Eſſays, vol. 2. p. 75.

a) Hier hat Melville ſich offenbar geirret, denn es iſt gar nicht nöthig, daß die Geſchwindigkeit der Theilchen des Körpers ſo groß ſey, als diejenige des Lichtes, welche ſie in Bewegung ſetzet. Die Schwingungen einer Violinſaite hängen nicht von der Geſchwindigkeit des Bogens ab, der darüber fährt.

ſchiedenen, an der Oberfläche deſſelben färbenden Theilchens anlangen, ſo mag wohl die Regelmäßigkeit der Schwingungen geſtöret werden; aber ſie werden dadurch gewiß deſto häufiger geſchehen, oder es entſtehen dadurch noch kleinere Schwingungen an den Theilen, welche jenes Theilchen ausmachen. Hierdurch wird die innere Bewegung noch ſubtiler, und noch inniger verbreitet; ſo daß wenn die Menge des in den Körper dringenden Lichtes zunimmt, die Schwingungen der Theilchen gleichfalls an Größe und Geſchwindigkeit zunehmen müſſen: bis ſie zuletzt ſo heftig werden mögen, daß alle Beſtandtheile durch den Zuſammenſtoß in Stücke zerſpringen, welches eine Veränderung der Farbe und des Gewebes des Körpers zur Folge haben muß. *b*)

In demſelben Mittel erreget ein Brennſpiegel keine Hitze.

Weil keine Zurückwerfung des Lichtes als bloß an der Oberfläche eines Mittels vorgeht, ſo kann, wie eben dieſer Verfaſſer bemerket, eine noch ſo große Menge in einen noch ſo kleinen Raum zuſammengedrängter Strahlen für ſich keine Hitze hervorbringen. Hieraus folget, daß der Theil Luft, der in dem Brennraume des ſtärkſten Brennſpiegels liegt, von den daſelbſt durchgehenden Strahlen nichts leidet, ſondern mit der umgebenden Luft in einem gleichförmigen Zuſtande bleibt; obgleich ein jeder undurchſichtiger, ja auch jeder durchſichtiger Körper, der in dieſe Stelle gehalten würde, augenblicklich in die ſtärkſte Hitze gerathen müßte.

Da dieſer Satz, ſo deutlich er auch aus den einfachſten und gewiſſeſten Grundlehren folget, doch von manchen Naturforſchern nicht recht verſtanden zu ſeyn ſcheint, auch den meiſten phyſikaliſchen Schriftſtellern nicht bekannt geweſen ſeyn mag, wie ſich aus ihrem Stillſchweigen von dieſer paradoxen Wahrheit ſchließen läßt, ſo hielt Herr Melville es der Mühe werth, einiges zur Erklärung deſſelben beyzubringen. Er führet an, der leichteſte Weg, ſich durch die Erfahrung von der Sache zu verſichern, ſey ein Haar oder ein Stück von einer Pflaumfeder unmittelbar über dem Brennpuncte eines Brennglaſes oder Brennſpiegels zu halten, oder Rauch aus einer Röhre nach horizontaler Richtung darüber hin zu blaſen; weil, wenn die Luft in dem Brennraume heißer als die andere Luft wäre, ſie wegen ihrer Verdünnerung beſtändig aufwärts ſteigen, und folglich die leichten Körperchen merklich in Bewegung ſetzen müßte. Oder man ſtelle ein Brennglas ſo, daß der Brennraum deſſelben in Waſſer, oder in einen andern durchſichtigen Körper falle, davon man die Hitze von Zeit zu Zeit mit einem Thermometer unterſuchen kann. Nur wird man bey dieſem Verſuche das Brennglas ſo nahe als möglich an den durchſichtigen Körper halten müſſen, damit nicht die Strahlen, wenn ſie dichter als ſonſt gewöhnlich auf deſſen Oberfläche fallen, den Körper mehr, als die Sonnenſtrahlen zu thun pflegen, erwärmen mögen. *c*)

Warum es auf hohen Bergen kalt iſt.

Dieſe Anmerkungen auf die Erklärung natürlicher Erſcheinungen anzuwenden, bemerket er, daß die Atmoſphäre nicht ſowohl von den durch ſie gehenden Sonnenſtrahlen, als vielmehr von der Berührung der erhitzten Erdfläche erwärmet wird. Daraus, glaubet er, laſſe ſich auf eine leichte und in die Augen fallende Art erklären,

b) Edinb. Eſſays, vol. 2. p. 20. *c*) Ibid. p. 23.

ren, warum es in allen Erdſtrichen auf den Spitzen ſehr hoher Berge ſehr kalt iſt, weil dieſe nämlich von der eigentlichen Oberfläche der Erde am weiteſten entfernet ſind. Denn es iſt ganz bekannt, daß die Wärme eines durch die Berührung mit einem dichten Körper erhitzten Fluidum in einem gewiſſen umgekehrten Verhältniſſe der Entfernung von dieſem Körper abnimmt. Er ſelbſt fand durch wiederholte Verſuche, daß die Wärme des Waſſers in tiefen Seen von der Oberfläche herunterwärts ordentlich abnimmt. Um aber dieſe Frage völlig zu entſcheiden, müßte man die Beſchaffenheit der Luft im Thale und auf des Berges Spitze jede Stunde bey Tage und bey Nacht beobachten, und ſorgfältig mit einander vergleichen. d)

Ob die Hitze auf die Neigung der Strahlen gegen einander ankomme.

Dieſen Lehren zufolge glaubet er mit Recht annehmen zu können, daß die Hitze, welche von einer gegebenen Anzahl Strahlen, in einem undurchſichtigen Körper von gegebener Größe hervorgebracht wird, bey einer größern Neigung der Strahlen gegen einander größer ſey, als bey einer geringern. Denn theils werden die Richtungen der Schwingungen, welche die Einwirkung des Lichtes entweder den färbenden Theilchen ſelbſt, oder denen von einer untern Gattung ertheilet, mehr in einander laufen, folglich werden die innern Anprellungen und Stöße ſtärker werden; theils auch werden die Lichtſtrahlen, da die färbenden Theilchen der Körper mancherley Lagen haben, im Ganzen auf jede ſenkrechter fallen, jemehr ſie ſelbſt gegen einander geneiget ſind. Liegt hierinn nicht der Grund, ſaget er, daß, wie man betrachtet hat, die Hitze des in einen Kegel zuſammen laufenden Sonnenlichtes, je näher man dem Brennpuncte kömmt, weit ſtärker, als nach Verhältniß der Dichtigkeit des Lichtes zunimmt? daß der Unterſchied der Winkel, unter welchen die Strahlen auf ein Theilchen von gegebener Größe in verſchiedenen Entfernungen vom Brennpuncte fallen, nur klein iſt, beweiſe nicht, daß man die Erſcheinung nicht daraus herleiten könne, weil wir nicht wiſſen, wie groß der Einfluß des einen und des andern der beyden erwähnten Umſtände ſeyn mag. Daß es übrigens von keiner unbekannten Gegenwirkung der Strahlen auf einander herrühre, wie man hat ſagen wollen, erhelle daraus, daß jeder einzelne Strahl, nachdem er durch den Brennpunct gegangen, ſeine Farbe und Richtung ſo gut behält, als wenn er ganz für ſich allein vorhanden geweſen wäre. e)

Nollets Verſuche, brennbare Körper mit Spiegeln anzuzünden.

Bey dieſer Gelegenheit kann ich nicht umhin anzuführen, wie die Verſuche des Abbé **Nollet**, brennbare Körper durch Hülfe der in einen Brennpunct vereinigten Sonnenſtrahlen anzuzünden, ausgefallen ſind. Wenn man die große Kraft der Brennſpiegel und Brenngläſer, beſonders der in neuern Zeiten verfertigten, bedenket, ſo wird es ſehr wunderbar ſcheinen, daß dieſer berühmte Experimentaliſt nicht im Stande war, eine flüßige Subſtanz damit anzuzünden. Ungeachtet er den Verſuch mit aller möglichen Sorgfalt am 19 Februar 1757. anſtellte, ſo gelung es ihm doch keinesweges weder mit Weingeiſt, Olivenöl, Terpentinöl oder Aether; und wiewohl er Schwefel in Brand ſetzen konnte, ſo mislung es doch mit Siegelwachs,

d) Edinb. Eſſays, vol. 2. p. 63. e) Ibid. p. 60.

wachs, Harz, Pech und Talg. Er ließ den Brennpunct sowohl auf diese Körper selbst, als auch auf den von ihnen aufsteigenden Dampf fallen; allein es erfolgte nichts, als daß die geschmolzene Masse ins Kochen gerieth, und in Dünsten oder sehr kleinen Tropfen verflog, ohne sich entzünden zu wollen. Leinene Lumpen oder andere dichte Körper, die mit einer dieser entzündbaren Flüßigkeiten benetzet waren, geriethen nicht eher in Brand, als bis die Flüßigkeit in einem starken Dampfe verflogen war, so daß die solchergestalt zubereiteten Lumpen später Feuer fiengen, als wenn sie trocken waren.

Andere Versuche dieser Art.

Herr Beaume, der Herrn Nollet bey einigen dieser Versuchen hülfliche Hand leistete, bemerkete ferner, daß eben die Substanzen, welche durch die Flamme eines brennenden Körpers leicht Feuer fiengen, sich nicht entzünden wollten, wenn sie von einem noch so sehr erhitzten Körper, der aber keine Flamme von sich gab, berühret wurden. Weder Aether, noch Weingeist konnten mit einer glühenden Kohle oder selbst mit rothem glühenden Eisen angezündet werden, wenn diese nicht eine weiße Gluth zeigeten. Aus diesen Versuchen schließt unser Verfasser, daß, woferne die elektrische Materie mit dem Feuer oder Lichte einerley seyn soll, sie noch sonst ein Principium enthalten müsse, dadurch sie Weingeist zu entzünden vermögend gemachet werde. Ich habe schon angeführet, daß die Mitglieder der Akademie del Cimento nicht im Stande waren, einige dieser Materien anzuzünden: allein dieses geschah in einem so frühen Zeitalter der Naturkunde, daß niemand, wie es scheint, die Sache deswegen für unmöglich hat erklären wollen, weil sie diesen Gelehrten gemisglücket war. Doch erzählet Nollet, daß er die Nachricht von seinen Versuchen der Akademie zu Paris einige Jahre vorher schon vorgeleget habe, ehe ihm die Italiönischen Versuche bekannt geworden. f)

Entfernung solcher Körper, die sich zu berühren scheinen.

§. 2. Mit Hülfe optischer Grundsätze und insbesondere durch Anwendung der katoptrischen Lehren entdeckte Herr Melville, daß Körper, die sich zu berühren scheinen, sich nicht immer wirklich berühren. Man pflege oft, saget er, die große Beweglichkeit und den schönen Glanz der Regentropfen, die auf den Blättern des Kohles und einiger anderer Pflanzen liegen, zu bewundern; aber kein Naturkundiger habe sich, so viel er wisse, die Mühe gegeben, diese artige Erscheinung zu erklären. Wie er sie genauer ansah, fand er, daß der Glanz des Tropfens von dem häufigen Lichte herrühre, welchen die etwas flache Unterfläche zunächst dem Blatte der Pflanze zurücksendet. Er bemerkte ferner, daß wenn der Tropfen längst einem Theile, der benetzet ist, hinrollet, er sogleich seinen Glanz verliert, so daß man das Grün des Blattes deutlich durch den Tropfen sehen kann; dahingegen in dem andern Falle dasselbe fast gar nicht zu erkennen ist.

Aus diesen beyden Beobachtungen zusammengenommen, schloß er, daß der Tropfe die Pflanze wirklich nicht berühre, wenn er wie ein Queckſilberkügelchen aussieht, sondern daß er, in einiger Entfernung von dem Blatte, von einer gewissen zurückstoßenden Kraft, frey in der Luft erhalten wird. Denn das weiße Licht

f) Mem. de l'Ac. de Paris. 1757. p. 896.

Licht könnte von der Unterfläche keinesweges ſo häufig zurückgeſendet werden, wenn nicht zwiſchen derſelben und dem Blatte wirklich ein Zwiſchenraum vorhanden wäre.

Wäre die Fläche des Blattes vollkommen glatt, ſo würde die Unterfläche es auch ſeyn, und folglich ein Bild des erleuchtenden Körpers durch die Zurückſtrahlung, wie ein Stück polirtes Silber zeigen; weil jene aber merklich rauh und ungleich iſt, ſo wird es dieſe auch, und ſieht daher, da es das Licht nach allerhand Richtungen häufig zurückſendet, ſo glänzend weiß, wie unpolirtes Silber aus.

Da es ſolchergeſtalt aus optiſchen Gründen bewieſen iſt, daß der Tropfe die Pflanze, worauf er liegt, nicht wirklich berühret, ſo kann man nun leicht begreifen, warum er ſo beweglich iſt und keine Feuchtigkeit auf dem Wege, längſt welchem er hinrollet, zurückläßt. *g*)

§. 3. Ehe ich dieſe Materie verlaſſe, muß ich noch anführen, was der Baron **Alexander Funk** bey der Beſuchung einiger Silbergruben in Schweden bemerket hat, daß es nämlich an einem heitern Tage, unten im Schachte, in einer Tiefe von 60 bis 70 Klaftern ſtockfinſter war; da hingegen an einem trüben oder regnichten Tage es in einer Tiefe von 106 Fuß noch ſo helle war, daß er leſen konnte. Die Bergleute, welche er über dieſen Umſtand befragte, berichteten ihn, daß ſich dieſes immer ſo verhielte. Er erkläret dieſe Begebenheit daher, daß bey einem bewölkten Himmel, nach allen Richtungen Licht in den Schacht von den Wolken geſandt wird, und darunter auch vieles nach ſenkrechter Richtung; da hingegen, bey heiterm Himmel, keine dunkeln Körper vorhanden ſind, welche das Licht auf die letztere Art, wenigſtens in hinlänglicher Menge, zurückſenden. *h*)

Helligkeit und Dunkelheit in einer Silbergrube.

Vierter Abſchnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen, die Brechung des Lichtes betreffend.

Erſtes Kapitel.

Von der verſchiedenen Zerſtreuung der Lichtſtrahlen, wie ſie von ihrer verſchiedenen Brechbarkeit nicht abhängt.

Die Hauptentdeckung, welche ich dem Leſer in Abſicht auf die Brechung vorzutragen habe, iſt die vom Herrn **Dollond**, welche ihm den Weg zu ſeiner wichtigen Verbeſſerung der Fernröhre bahnte. **Newton** hatte zwar die wichtige Entdeckung von der verſchiedenen Brechbarkeit der Lichtſtrahlen gemacht, glaubte aber dabey nicht anders, als daß ſie alle von jedem brechenden Mittel nach einem

Dollonds Entdeckung von der Farbenzerſtreuung.

g) Edinb. Eſſays, vol. 2. p. 25. (Es könnte aber auch der Tropfe von den Spitzen der zarten Fäſerchen auf dem Blatte getragen werden. K.)

h) Schwediſch. Abhandlung. 3. Band, S. 136.

gewiſſen allgemeinen Verhältniſſe zerſtreuet würden, ſo daß, wenn die Brechung der Strahlen von der mittlern Gattung beſtimmet wäre, die Brechung derer von den äußerſten Gattungen auch gegeben ſey. Hieraus würde, wie Hr. Dollond bemerket, folgen, daß gleiche und entgegengeſetzte Brechungen einander nicht allein aufheben, ſondern daß auch die Zerſtreuung der Strahlen bey einer Brechung durch die andere Brechung wiederum verbeſſert werden müßte. Daher würde es dann nicht möglich ſeyn, die Strahlen auf irgend eine Art zu brechen, ohne daß die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen ihre Wirkung dabey äußerte; oder, in andern Worten, es mag ein Lichtſtrahl durch verſchiedene Mittel, als Waſſer, Glas, ꝛc. gebrochen werden, wie er wolle, ſo wird er, woferne die Brechung nur ſo veranſtaltet wird, daß der ausfahrende Strahl dem einfallenden parallel iſt, allemal nachher weiß ſeyn: folglich wird er, wenn der ausfahrende Strahl gegen den einfallenden geneigt iſt, allemal nachher gefärbet ſeyn. Daraus fließt leicht, daß alle ſphäriſche Objectivgläſer in Fernröhren von der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichtes gleichmäßig nach Verhältniß ihrer Oeffnungen leiden, aus welchen Materien ſie auch beſtehen mögen. a)

Eulers neue Objectivgläſer.

Aus dieſen Grunde hatten Newton, und alle andere Optiker, alle Hoffnung aufgegeben, die dioptriſchen Fernröhre zu irgend einem hohen Grade der Vollkommenheit zu bringen, wenn ſie nicht eine außerordentliche und ſehr unbequeme Länge haben ſollten. Folglich bemüheten ſie ſich hauptſächlich um die Vervollkommnung der reflectirenden Teleſcope, und die Frage von der Brechung ward weiter nicht berühret, als bis etwa um das Jahr 1747, da Hr. Euler, in Verfolg eines von Newton gegebenen Winkes, b) einen Entwurf angab, wie man die Objectivgläſer aus zwo verſchiedenen Materien machen könnte, wodurch er hoffte, daß die Brechungen ſich heben, und die Zerſtreuung der Strahlen, welche von ihrer verſchiedenen Brechbarkeit entſteht, verhindert werden ſollte. Seine Objectivgläſer beſtanden aus zwo gläſernen Linſen, zwiſchen welchen Waſſer gefaſſet war. Dieſer Aufſatz des Hrn. Euler erregte Dollonds Aufmerkſamkeit. Er gieng die Euleriſchen Rechnungen ſorgfältig durch, ſetzte ſtatt der von Herrn Euler muthmaßlich angenommenen Geſetze der Brechung diejenigen, welche aus Newtons Verſuchen wirklich hergeleitet waren, und fand, daß nach dieſer nothwendigen Subſtitution, aus Hrn. Eulers Grundſätzen ſelbſt, folgete, daß die Vereinigungspuncte aller Arten von Strahlen nicht anders in einen einzigen Punct zuſammengebracht werden können, als wenn das Linſenglas unendlich breit iſt.

Herr

a) Philoſ. Tranſ. vol. 50. p. 735.

b) Newton ſchlägt zur Verbeſſerung der Abweichung von der Kugelgeſtalt Objectivgläſer vor, die aus zwey ſphäriſchen Gläſern mit Waſſer zwiſchen ihnen beſtehen ſollten. Princ. phil. nat. L. I. fine. Auch bey reflectirenden Teleſkopen. Opt. L. I. P. I. Pr. 8. Aber auf die Möglichkeit einer Verbeſſerung der Abweichung von der verſchiedenen Brechbarkeit konnte er nach ſeinen Grundſätzen nicht fallen. K.

Hr. Euler wagte es noch nicht, Newtons Verſuche zweifelhaft zu machen, ſondern ſagte, ſie wären ſeiner Hypotheſe bloß in einem ſo kleinen Grade zuwider, daß man den Unterſchied beyſeite ſetzen könne; behauptete auch, daß, wenn man ſie nach ihrem ganzen Umfange wollte gelten laſſen, der Unterſchied der Brechbarkeit, bey dem Uebergange der Strahlen aus einem Mittel in ein anders von einer verſchiedenen Dichte, überhaupt gar nicht ſich heben ließe, welches er doch für ſehr wohl möglich hielt, und zum Beweiſe den Bau des Auges anführete, das, wie er annahm, eben darum aus verſchiedenen brechenden Mitteln beſtehe, um die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen wieder gleich zu machen. Dieſe Schlußfolge ließ Hr. Dollond unbeſtritten, und berief ſich bloß auf Newtons Verſuche, und die große Vorſichtigkeit, mit welcher er bekanntermaßen bey allen ſeinen Unterſuchungen verfahren ſey. Euler vertheidiget ſeine Theorie.

Bey dieſer Lage der Sachen baten den Hrn. Clairaut ſeine Freunde, ſich der Streitfrage anzunehmen, und ſeine Entſcheidung war, daß, weil die von Dollond angeführten Newtonianiſchen Verſuche nicht in Zweifel gezogen werden könnten, Hrn. Eulers Gedanken wohl ſinnreich, aber nicht brauchbar wären. [c]) Clairauts Ausſpruch.

Inſonderheit aber erregte der Euleriſche Aufſatz die Aufmerkſamkeit des Herrn Klingenſtierna in Schweden, der nach einer genauen Unterſuchung der Sache fand, daß nach Newtons eigenen Grundſätzen der Erfolg des achten Verſuches in dem zweyten Theile des erſten Buches ſeiner Optik mit ſeiner Beſchreibung deſſelben ſich nicht vereinigen ließe. Weil über dieſen Verſuch ſeit der Zeit viel geſtritten iſt, ſo will ich ihn, nebſt den Folgerungen, die der Urheber daraus zog, hier vollſtändig erzählen. Klingenſtierna widerlegt Newton.

Er habe bemerket, ſaget er, daß das Licht, wenn es aus der Luft durch verſchiedene ſich berührende brechende Mittel, als durch Waſſer und durch Glas, wieder in die Luft gehet, die brechenden Flächen mögen einander parallel ſeyn oder nicht, allemal weiß bliebe, woferne es nur durch entgegengeſetzte Brechungen ſo verbeſſert iſt, daß die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel ſind; da hingegen, wenn jene gegen dieſe geneigt ſind, die Weiße des ausfahrenden Lichtes, je weiter es ſich von der Stelle, wo es ausfuhr, entferne, allmählig an den Enden farbicht werde. Dieſes habe er wahrgenommen, wie er durch Glasprismen, welche in einem prismatiſchen mit Waſſer angefüllten Gefäße geſtanden, das Licht ſich habe brechen laſſen. Newtons Verſuch

Aus dieſem Verſuche leitet er ein paar Lehrſätze her, durch welche eines Theils die Brechungen der Strahlen jeder Gattung bey dem Uebergange aus jedem Mittel in Luft beſtimmet werden, wenn die Brechung der Strahlen irgend einer Gattung gegeben iſt; theils auch die Brechung aus einem Mittel in ein anderes gefunden wird, wenn die Brechungen bey dem Durchgange aus ihnen beyden in ein drittes bekannt ſind. [d]) und Lehrſätze.

Hingegen zeigete Klingenſtierna, daß in dieſem Verſuche das Licht, nach dem Durchgange durch das Waſſer und das Glas, gefärbt iſt, ungeachtet die ausfahrenden Klingenſtiernas Erinnerungen.

c) Hiſt. de l'Ac. de Paris, 1756. p. 183. d) Newtoni Opt. L. I. P. 2. exp. 8. p. 106.

fahrenden Strahlen den einfallenden parallel ſind, wiewohl je dünner das gläſerne Prisma iſt, deſto näher der Erfolg mit Newtons Beſchreibung übereinkomme.e)

die Dollonden zu neuen Verſuchen bewegen.

Dieſe Bemerkungen wurden Dollonden durch Hrn. Mallet mitgetheilet, und machten ihn an der Richtigkeit des Newtonianiſchen Verſuches zweifeln, ſo daß er ſich, wie ein rechtſchaffener Philoſoph, dem Wahrheit und Natur mehr denn Autoritäten gelten, die Erfahrung zu Rathe zu ziehen entſchloß f).

Sein Verſuch.

Er küttete alſo zwo Glasſcheiben mit parallelen Flächen an ihren Rändern ſo zuſammen, daß daraus ein prismatiſches Gefäß entſtand, wenn die Oeffnungen an den Enden oder Grundflächen verſchloſſen wurden; die Schärfe kehrte er unterwärts, ſtellte in das Gefäß ein gläſernes Prisma mit einer ſeiner Schärfen aufwärts, und füllte den übrigen Raum mit reinem Waſſer an, ſo daß die Brechung durch das Prisma der Brechung durch das Waſſer entgegenſetzet war, und ein Lichtſtrahl, der durch beyde brechende Mittel gieng, bloß durch den Unterſchied beyder Brechungen gebrochen ward. So wie er fand, daß das Waſſer das Licht mehr oder weniger als das Glas brach, ſo verminderte oder vergrößerte er den Winkel der Glasſcheiben, bis daß er beyde Brechungen einander gleich fand: welches geſchah, wenn ein Gegenſtand, durch das gedoppelte Prisma betrachtet, weder ſich zu erhöhen noch zu ſenken ſchien. In dieſem Falle waren die Brechungen ſich gleich, und die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel.

der Newtons ſeinen widerleget.

Nun hätte, ſaget er, nach der durchgängig angenommenen Meynung, der Gegenſtand durch dieſes gedoppelte Prisma in ſeiner natürlichen Farbe erſcheinen ſollen. Denn wenn der Unterſchied der Brechbarkeit in den beyden gleich großen Brechungen gleich geweſen wäre, ſo würden ſie ſich einander gegenſeitig verbeſſert haben. Aber ſo zeigte dieſer Verſuch die Unrichtigkeit der angenommenen Meynung augenſcheinlich, und bewies, daß die Zerſtreuung des Lichtes durch das Glasprisma faſt doppelt ſo groß iſt, als durch das Waſſer; indem der Gegenſtand, ungeachtet er gar keine Brechung litte, dennoch eben ſo ſehr mit prismatiſchen Farben begränzet ſchien, als wenn er ihn bloß durch ein gläſernes Prisma, mit einem brechenden Winkel von etwa 30 Grad, betrachtet hätte.

Dieſer Verſuch iſt einerley mit Newtons vorher angeführten, ungeachtet der Erfolg ſo merklich unterſchieden iſt; allein Hr. Dollond verſichert, alle mögliche Vorſicht gebrauchet zu haben, und er behielt ſeinen Apparatus bey ſich, um die Wahrheit ſeiner Behauptung zu beweiſen, wenn er darzu gehöriger Weiſe aufgefodert werden ſollte.

Er

e) Schwed. Abhandl. 16. B. S. 300. (Hr. Klingenſtierna beweiſt auf eine ſehr geometriſche Art, daß, wenn Newtons Verſuch allgemein ſeine Richtigkeit hätte, daraus nicht ein gewiſſes Geſetz der Farbenzerſtreuung, ſondern unzählige folgen würden, die ſowohl gegen einander ſelbſt, als gegen die von Newton ſelbſt angenommenen Geſetze der Brechung ſtritten. Newton hätte alſo einen doppelten Fehler, ſowohl im Beobachten als im Schließen gemachet. Indeſſen iſt zu bemerken, daß Newtons Geſetz der Farbenzerſtreuung aus ſeinem Verſuche folget, wenn die Winkel der Strahlen mit den Einfallslothen ſo klein ſind, daß man ſie ihren Sinuſſen proportional ſetzen kann. S. die Zuſätze zu dieſem Abſchn. A.)

f) Mem. de l'Ac. de Paris. 1757. p. 854.

Er ſah hiebey deutlich ein, daß, wenn der brechende Winkel des Waſſergefäſſes hinlänglich groß hätte gemacht werden können, die Farbenzerſtreuung ſehr vermindert, oder wohl gar ganz gehoben ſeyn würde, und daß er eine ſehr große Brechung ohne Farben würde erhalten haben, ſo wie er ſchon eine ſtarke Färbung ohne Brechung erhalten hatte. Aber der Winkel des prismatiſchen Gefäßes konnte nicht ohne Unbequemlichkeit ſo groß genommen werden, daß dadurch das Licht eben ſo ſtark wie durch das gläſerne Prisma, deſſen Winkel etwa 60 Grad groß war, zerſtreuet worden wäre, und es war daher nothwendig, noch einige Verſuche dieſer Art mit Prismen von kleinern Winkeln zu machen.

Weitere Verſuche, das Licht farbenlos zu machen.

Er ſchliff ſich alſo einen Keil von gemeinem Tafelglaſe, ſo daß der Winkel deſſelben etwa neun Grad betrug, ſtellte dieſen wie vorher, in ein keilförmiges Gefäß mit Waſſer, deſſen Winkel er ſo lange vergrößerte, bis die Zerſtreuung des Lichtes durch das Waſſer ſo groß war, als die durch das Glas: das iſt, bis der Gegenſtand, ungeachtet er wegen der ſtärkern Brechung durch das Waſſer ſehr verrücket ſchien, dennoch von den Farben, welche die verſchiedene Brechbarkeit des Lichtes erzeuget, ganz frey blieb. Hiebey war, ſo genau als er es damals meſſen konnte, die Brechung durchs Waſſer etwa $\frac{3}{4}$ von der durchs Glas. Er geſteht freylich, daß er die Maaßen ſo ſehr genau nicht genommen habe, weil ſeine Abſicht damals nicht ſo wohl geweſen, die Größen genau zu meſſen, als vielmehr zu zeigen, daß die Zerſtreuung der farbichten Strahlen durch verſchiedene Materien ſich gar nicht wie die Brechung verhalte, und daß es möglich ſey, eine Brechung hervorzubringen, ohne daß das Licht im geringſten zerſtreuet werde. g)

Da dieſe Verſuche deutlich bewieſen, daß verſchiedene Materien das Licht ſehr ungleich, in Abſicht auf ihre brechende Kraft überhaupt genommen, zerſtreuen, ſo fieng Dollond an zu muthmaßen, daß dergleichen Verſchiedenheit ſich auch an verſchiedenen Arten Glaſes äußern möchte, beſonders weil die Erfahrung ſchon gelehret hatte, daß einige Arten ſich weit beſſer zu den bisher gewöhnlichen Objectivgläſern als andere ſchicken; und weil man dieſe verſchiedene Güte bis dahin nicht hinreichend erkläret hatte, ſo vermuthete er deſto zuverläßiger, daß die verſchiedene Zerſtreuung des Lichtes bey einerley Brechung ſie verurſachen müßte.

Verſuche mit zweyerley Glasprismen.

Das nächſte, was er ſich vornahm, war daher, Prismen von verſchiedenem Glaſe zu ſchleifen, und ſie an einander zu legen, ſo daß die Brechungen nach verſchiedenen Seiten hingeſchehen mußten, um dadurch, gleichwie in den obigen Verſuchen, zu entdecken, ob die Brechung mit der Zerſtreuung der farbichten Strahlen zugleich verſchwinden würde. Es vergieng eine ziemliche Zeit, ehe er ſich an die Arbeit machen konnte. Denn ob er gleich ſich zu dem Verſuche, ſeiner eigenen Neugierde wegen, entſchloſſen hatte, ſo bald er die Zeit dazu gewinnen würde, ſo dachte er

g) Dollond erzählet noch in ſeiner Nachricht (Phil. tranſ. vol. 50. p. 738.) daß er Objectivgläſer aus zwey Stücken mit Waſſer dazwiſchen verfertiget habe. Dieſe hätten ſeiner Erwartung gemäß, keine Farben verurſachet, allein dennoch viel Undeutlichkeit übrig gelaſſen, die aber, wie er bald eingeſehen, von der Kugelgeſtalt, weil die Halbmeſſer der Flächen zu klein hätten genommen werden müſſen, hergerührt habe. K.

er doch nicht, daß der Unterſchied hinlänglich groß ſeyn würde, um dadurch den Fernröhren große Verbeſſerungen zu verſchaffen, daß es alſo bis zum Jahr 1757 ſich verzog, ehe er den Verſuch unternahm. Da aber zeigten gleich die erſten Proben, daß die Sache die äußerſte Aufmerkſamkeit und Mühe verdiente.

Glücklicher Erfolg.

Er fand nämlich bey einigen Glasarten einen ſolchen Unterſchied der Farbenzerſtreuung in Verhältniß gegen ihre brechende Kraft, als er lange nicht gehoffet hatte. Die gelbe oder ſtrohfärbigte ausländiſche Gattung, welche gewöhnlich Venetianiſches Glas heißt, und das Engliſche Kronglas, kamen in dieſem Stücke ziemlich mit einander überein, obgleich überhaupt das Kronglas das Licht weniger als jenes zu zerſtreuen ſchien. Das gemeine Engliſche Tafelglas zerſtreuete das Licht mehr, und das weiße Kryſtallglas, oder das Engliſche Flintglas, unter allen am meiſten.

Was für Glasarten Dollond in Abſicht auf die Zerſtreuung der Farben am meiſten verſchieden fand.

Nun ließ er es ſich angelegen ſeyn, die beſondern Eigenſchaften jeder Gattung von Glaſe, derer er habhaft werden konnte, zu erforſchen: nicht um mit Muthmaßungen über die Urſache dieſes Unterſchiedes ſich ein Spiel zu machen, ſondern die beyden Arten heraus zu finden, in welchen derſelbe am größten wäre; und er fand bald, daß dieſes das **Kronglas** und das weiße **Flintglas** waren. Deswegen ſchliff er ſich ein Prisma von dem weißen Flintglaſe, mit einem brechenden Winkel von etwa 25 Grad, und ein anderes von Kronglaſe, das etwa 29 Grad hielt, die beyde faſt gleiche Brechungen verurſachten, aber in der Kraft die Farben zu zerſtreuen ſehr von einander abgiengen. Darauf ſchliff er einige andere von Kronglaſe, mit verſchiedenen Winkeln, bis er eines erhielt, das in Abſicht auf die Zerſtreuung des Lichtes dem von weißen Flintglaſe gleich kam. Denn wie ſie ſo an einander geleget wurden, daß ſie das Licht nach entgegengeſetzten Richtungen brachen, ſo war das gebrochene Licht von Farben ganz frey. Wie er hierauf die Brechung jedes Prisma beſonders maaß, fand er, daß die Brechung des von weiſſem Glaſe zu der Brechung des von Kronglaſe ſich beynahe wie 2 zu 3 verhielt, und dieſes Verhältniß blieb bey allen kleinen Winkeln faſt einerley, ſo daß jede zwey andere Prismen, die nach dieſem Verhältniſſe ausgearbeitet ſind, wenn ſie an einander dergeſtalt geleget werden, daß ſie das Licht nach entgegengeſetzten Richtungen brechen, gar keine Farben bey der Brechung abſondern. [b])

Um

b) Herr Euler führet in ſeiner Dioptrik, T. I. p. 315. an, daß Dollond ein Prisma von Kronglaſe mit einem Winkel von 30 Gr. und eines von Flintglaſe mit einem Winkel von 19 Grad gemachet, und durch dieſe beyde, wenn ſie umgekehrt an einander geleget worden, die Farbenzerſtreuung gehoben habe, woraus er geſchloſſen, daß das Kronglas und Flintglas die Farben in dem Verhältniſſe 2 zu 3 zerſtreuen. Das Verhältniß der Brechung, welches Dollond hier an unſerer Stelle anführet, wird das Verhältniß der Winkel ſeyn, welche die einfallenden und ausfahrenden Strahlen der mittlern Gattung mit einander machen, wenn beyde gleichviel gegen die Seitenfläche des Prisma geneiget ſind. Sie ſind, für das Kronglas, 16°, 40′, für das Flintglas 11°, 14′, wenn für jenes das Verhältniß der Brechung 1 : 1,53, und für dieſes 1 zu 1, 58 genommen wird. Dieſes berechnet man leicht aus den Formeln des Zuſatzes

Um die Brechungskraft dieſer beyden Arten von Glaſe mit ihrer Zerſtreuungskraft vergleichen zu können, bemerke ich, daß Dollond in einem Briefe an Klingenſtierna, welchen Clairaut anführet, angiebt, es ſey das Verhältniß des Einfallsſinus zu dem Sinus der mittlern Brechung am Kronglaſe, wie 1 zu 1, 53, und am Flintglaſe, wie 1 zu 1, 583. *i*) Verhältniß der Brechung am Kron- und Flintglaſe.

Die Anwendung von dieſen Erfahrungen auf die Ausübung zu machen, fieng Hr. Dollond an, Objectivgläſer zu Fernröhren auszuarbeiten, in der ſichern Hoffnung, es werde ſich, ſo wie durch Prismen das Licht farbenlos gebrochen worden, auch mit Linſengläſern, aus ähnlichen Materien, ein gleiches bewerkſtelligen laſſen. Es gelung ihm auch durch Hülfe folgender Bemerkungen. Damit die beyden ſphäriſchen Gläſer das Licht nach entgegengeſetzten Seiten brechen mögen, müſſe das eine ein Hohlglas, das andere ein erhabenes ſeyn; und weil die Strahlen in einem wirklichen Vereinigungspuncte zuſammen kommen ſollen, ſo müſſe das erhabene Linſenglas offenbar eine ſtärkere Brechung geben; darum müſſe dieſes Glas, wie aus ſeinem Verſuche erhelle, von Kronglaſe, und das Hohlglas von Flintglaſe gemacht werden. Ferner, da die Brechungen ſphäriſcher Gläſer *k*) ſich umgekehrt wie ihre Brennweiten verhalten, ſo müſſen die Brennweiten der beyden Gläſer ſich umgekehrt wie die Brechungen der Prismen verhalten, weil auf ſolche Art jeder Lichtſtrahl, der durch das zuſammengeſetzte Glas geht, in welcher Entfernung von der Axe es auch ſeyn möge, immer durch den Unterſchied zwoer Brechungen, in dem gehörigen Maaße werde gebrochen, und die verſchiedene Brechbarkeit des Lichtes ganz unſchädlich werde gemacht werden. *l*) Dollonds Grundſätze zur Verfertigung achromatiſcher Fernröhre.

Ungeachtet dieſer ſichern, aus der Theorie und Erfahrung hergenommenen Gründe, fand er doch mancherley Schwierigkeiten bey der wirklichen Ausarbeitung; allein durch große Gedult und Geſchicklichkeit erhielt er endlich eine ſichere Methode, Fernröhre nach dieſen neuen Grundſätzen zu verfertigen.

Die Hauptſchwierigkeiten entſtanden aus folgenden Umſtänden. Zuerſt müſſen die Brennweiten ſowohl als die einzelnen Flächen der Gläſer ſehr genau nach den Dichtigkeiten oder brechenden Kräften der Glasarten eingerichtet werden. Dieſe aber ſind bey derſelben Glasart, wenn es zu verſchiedenen Zeiten gemacht iſt, nicht ganz einerley. Zweytens, die Mittelpuncte der beyden Gläſer müſſen genau in die gemein- Schwierigkeiten, die er vorfand.

ſatzes zum 1. Abſch. der 5. Per. §. 6. und 10. S. 192. K.

i) Mem. de l'Ac. de Paris 1757, p. 857.

k) Das iſt, die Winkel, unter welchen die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen durch die Brechung gegen die Axe geneigt werden, deren Tangenten, (folglich ſie beynahe ſelbſt) bey gleichen Entfernungen der einfallenden Strahlen von der Axe ſich umgekehrt wie die Brennweiten verhalten. K.

l) Die beyden Gläſer, das hohle und das bauchichte, kann man an den Stellen, wo der Strahl durchgeht, wenn man daſelbſt blos die berührenden Ebenen betrachtet, als zwey Prismen anſehen, die mit ihren Winkeln umgekehrt an einander gelegt ſind. Dollonds Theorie beruhet auf ziemlich undeutlichen Vorſtellungen, weswegen ich einige nöthige Erläuterungen dieſem Abſchnitte beyfügen werde. K.

gemeinſchaftliche Axe des Fernrohres gebracht werden, ſonſt wird die geſuchte Wirkung großentheils vernichtet werden. Dazu kömmt, daß vier Flächen da ſind, die genau kugelförmig geſchliffen werden müſſen; wie ſehr genau man alſo bey der ganzen Arbeit zu verfahren habe, ſaget er, wird jeder, der nur einige Uebung in dieſem Geſchäffte hat, leicht einſehen. Endlich aber fand er ſich durch vielfältige Verſuche, und durch unverdroſſene Standhaftigkeit im Stande, dioptriſche Fernröhre mit ſo großen Oeffnungen und Vergrößerungen, bey geringer Länge, zu verfertigen, daß ſie, nach dem Urtheile der beſten Kenner, alles, was man bisher geleiſtet, weit übertrafen, da ſie die Gegenſtände ſehr deutlich, mit ihren wahren Farben darſtellten. m)

Man machte Hrn. Dollond den Einwurf, daß die geringe Zerſtreuung der Strahlen durch das Kronglas nur ſcheinbar ſey, indem ſie von der geringern Durchſichtigkeit dieſer Glasart herrühre, als welche die ſchwächer gefärbten Strahlen nicht in hinlänglicher Menge durchlaſſe. Dieſen Einwurf hat Hr. Beguelin insbeſondere unterſuchet und widerleget. n)

Clairauts Verdienſte um die achromatiſchen Fernröhre.

Weil Hr. Dollond die Regeln, nach welchen er die Auswahl der zu ſeiner Abſicht ſchicklichen Gläſer angeſtellet, nicht bekannt gemacht hatte, auch die Brechung der Zerſtreuung des Lichtes, bey dieſer verwickelten Unterſuchung, ſehr fein iſt, ſo unternahm Hr. Clairaut, der ſich ſchon vom Anfange des Streites ſehr mit der Sache beſchäfftiget hatte, eine vollſtändige Theorie davon auszuarbeiten.

Ohne einige Hülfe von dieſer Seite, ſaget er, iſt es nicht möglich, Fernröhre von gleicher Güte mit den Dollondiſchen zu verfertigen, man müßte denn dieſe blindlings nachmachen, welches doch, aus mehrern Urſachen, ſchwerlich gerathen kann. Außerdem gab Hr. Dollond ſeine Maaßen nur beyläufig an; da es doch nöthig iſt, ſie ſehr genau zu wiſſen. Auch kamen die beſten Dollondiſchen Fernröhre den Newtonianiſchen Teleſkopen lange nicht bey, o) da man doch erwarten konnte, daß ſie dieſelben übertreffen müßten, wenn die ungleichartigen Strahlen nach der Brechung durchs Glas ſo genau, wie nach der Zurückwerfung vom Spiegel, in einen Punct vereiniget werden könnten, weil in dem letzten Falle mehr Licht als in dem erſtern verlohren geht.

Um

m) Phil. Tranſ. vol. 50. p. 733. Eine Hauptſchwierigkeit, die Dollond gleich zuerſt vorfand, war, daß wegen der kleinen Durchmeſſer der Kugelflächen, große Abweichungen von der Kugelgeſtalt entſtanden, welche die Deutlichkeit des Bildes ſehr verderbten. Inzwiſchen, da er überlegte, daß die Flächen der kugelförmigen Gläſer unzählige Veränderungen leiden können, ohne daß die gemeinſchaftliche Brennweite dadurch verändert wird, und man es auf ſolche Art in ſeiner Gewalt hat, die Abweichungen wegen der Figur zu vermehren oder zu vermindern, ſo ſahe er die Möglichkeit ein, die von der Kugelgeſtalt herrührenden Abweichungen zweyer Linſengläſer gleich zu machen, und folglich bey einem hohlen und erhabenen Glaſe, wo die Strahlenbrechungen einander entgegengeſetzet ſind, es dahin zu bringen, daß ſolche einander aufheben. K.)

n) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1762. p. 74 ſq.

o) Dies konnte vielleicht damals, wie Clairaut dieſes ſchrieb, wahr ſeyn; gegenwärtig verhält es ſich gar nicht ſo.

Um dem Künſtler alſo zu Hülfe zu kommen, ſuchte er ſowohl die Brechungs- als Zerſtreuungskraft verſchiedener Glasarten zu beſtimmen. Er nahm zu dem Ende zwey Prismen, die er, wie Dollond, hart an einander legte, aber anſtatt ſie zu ſehen, ſtellte er ſie in ein verfinſtertes Zimmer; und wenn das Bild der Sonne, welches durch ſie fiel, vollkommen weiß war, ſchloß er daraus, daß die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen ſich gegen einander gehoben hatte.

Die Winkel, welche die Prismen haben müſſen, wenn ſie die Farben heben ſollen, bequemer zu beſtimmen, verfertigte er eins, deſſen eine Seitenfläche cylindriſch und einige Grade weit war. Auf ſolche Art hatte er, ohne ſeine Prismen ändern zu dürfen, eine unendliche Menge Winkel zur Auswahl, unter welchen er, wenn er den Punct der krummen Oberfläche bemerkte, auf welchen die Strahlen fielen, wenn das Sonnenbild weiß war, den wahren Winkel leicht ausfindig machen konnte.

Er beſtimmte auch das Verhältniß, nach welchem verſchiedene Glasarten die Sonnenſtrahlen zerſtreuen, indem er, mit gehöriger Vorſicht, das länglichte Bild der Sonne maaß, welches ſie hervorbrachten. Bey dieſem Verſuche ergab ſich augenſcheinlich, daß das Engliſche Flintglas nicht allein eine ſtärkere mittlere Brechung, ſondern auch eine größere Zerſtreuung des Lichtes verurſachte, als es das gemeine Franzöſiſche Glas that. Denn da er von beyden Arten zwey Prismen, die ſonſt völlig einerley waren, ſich hatte machen laſſen, und auf jedes, zu gleicher Zeit, einen Sonnenſtrahl mit derſelben Neigung fallen ließ, ſah er, daß unter den beyden Bildern dasjenige, welches von dem Engliſchen Flintglaſe herrührete, ein wenig höher an der Wand ſtand, und mehr als um die Hälfte länger war. p)

Hr. Clairaut hatte zu dieſen Verſuchen einen Gehülfen an dem Herrn de Tournieres, und ſie kamen in den Reſultaten mit Herrn Dollond im Ganzen überein, nur daß dieſer das Verhältniß der Zerſtreuung im Glaſe und im Waſſer wie fünf zu vier angegeben hatte (wiewohl er dieſe Beſtimmung ſelbſt nicht für ganz zuverläßig ausgab); dahingegen jene beyde Herrn, die mehr Mühe und Vorſicht anwendeten, dieſes Verhältniß wie drey zu zwey fanden. q) Was die Lehrſätze und Aufgaben anlangt, die Hr. Clairaut aus dieſen neuen Grundſätzen der Optik gezogen, den Fernröhren dadurch eine größere Vollkommenheit zu verſchaffen, muß ich den Leſer auf die eben angeführten Abhandlungen ſelbſt verweiſen.

Nach Hrn. Clairaut nahm dieſe Unterſuchungen Hr. d'Alembert vor, deſſen Arbeiten den Verfertigern achromatiſcher Fernröhre alle Anleitung, die man von der Rechnung erwarten kann, gegeben zu haben ſcheinen. Dieſer vortreffliche Mathematiker trägt auch eine Menge neuer Einrichtungen von Fernröhren vor, deren Vortheile und Unbequemlichkeiten er umſtändlich aus einander ſetzet. Dabey giebt er auch einige Methoden an, die Fehler, welchen ſie ausgeſetzet ſind, zu verbeſſern; zum Beyſpiele dadurch, daß die Objectivgläſer in einigen Fällen ein wenig von einander gerücket werden, oder daß man bisweilen Augengläſer von verſchiede- d'Alemberts Unterſuchungen.

p) Mem. de l'Ac. de Par. 1756, p. 624. q) Ibid. 1757, p. 859.

nen Brechungskräften gebrauchet: ein Mittel, worauf vor ihm noch niemand gefallen zu ſeyn ſcheint. Auch zeiget er, wie man ein ſehr gutes Fernrohr mit einem einfachen Objectivglaſe, aber mit einem Augenglaſe von einer andern Brechungskraft verfertigen könne. Einige der von ihm vorgeſchlagenen Fernröhre haben zwey oder mehr Augengläſer von verſchiedenen Gattungen Glaſes. Alles dieſes hat er umſtändlich in dem dritten Bande ſeiner Opuſcules mathématiques ausgeführet. Wir haben auch von ihm noch drey Abhandlungen über eben dieſe Materie in den Jahrgängen der Franzöſiſchen Akademie von 1764, 1765 und 1767.

Am Ende der zweyten dieſer Abhandlungen ſaget er, daß er nicht zweifele, es würden, durch die von ihm vorgeſchlagenen Methoden, die achromatiſchen Fernröhre zu einem bisher noch nicht bekannten, und ſogar nicht zu vermuthenden Grade der Vollkommenheit gebracht werden können; und wenn gleich das Kronglas, wegen ſeiner grünlichten Farbe, einen Theil der rothen oder violetnen Strahlen verſchlucken möchte, (welches ſich aber durch die Erfahrung nicht zeiget) ſo könne man doch gegen das gewöhnliche Franzöſiſche Glas, welches weiß iſt, dieſe Einwendung nicht machen, welches daher den Vorzug vor dem Engliſchen Kronglaſe verdiene.

Auch bemerket er, daß aus ſeinen Rechnungen manche Tafeln gezogen werden können, die ſolchen, die ſich auf die Verbeſſerung achromatiſcher Fernröhre legen wollten, ſehr nützlich ſeyn würden; woraus folgends der Optik, Aſtronomie und Schiffarth vielfältiger Nutzen zuwachſen müßte. r)

Schwierigkeit, die Dollondiſchen Fernröhre nachzuahmen.

Ungeachtet die Herren **Clairaut** und **d'Alembert** alles, was ſich über die Dollondiſchen Fernröhre herausrechnen ließ, erſchöpfet zu haben ſcheinen, ſo waren ihre Arbeiten den Künſtlern doch unbrauchbar. Denn die in England verfertigten Teleſkope, ungeachtet ſie nach keiner Regel, wie die Ausländer glaubten, gearbeitet wurden, blieben immer weit beſſer als alle, die man auswärtig, ſelbſt unter unmittelbarer Aufſicht dieſer geſchickten Rechner, zu Stande bringen konnte. Hiervon giebt Hr. **Beguelin** verſchiedene Urſachen an. Unter andern meynet er, daß ihre geometriſchen Sätze zu allgemein und ihre Rechnungen zu verwickelt ſind, als daß ſie der Künſtler brauchen könnte. Auch glaubet er, daß die kleinen Größen, welche, die Formeln einfacher zu machen, aus der Rechnung weggelaſſen werden, einen merklichen Einfluß haben mögen, wenn die Fernröhre lang ſind, und große Oeffnungen haben. Endlich, ſaget er, kann eine mangelhafte Beſtimmung der Brechungsverhältniſſe und der Zerſtreuung des Lichtes nicht allein die Genauigkeit der aus der Theorie hergeleiteten Formeln unnütz machen, ſondern noch mehr Schaden anrichten, als man vermeiden wollte. s)

Beguelins Unterſuchungen.

Durch dieſe Bemerkungen wurde er veranlaſſet, die Sache von einer andern Seite zu betrachten; allein er konnte noch immer nicht mit ſeinen eigenen Schlüſſen den

r) Mem. de l'Ac. de. Par. 1767, p. 107.

s) Mem. de l'Ac. de Berl. 1762, p. 343. (Hr. B. füget dieſem noch bey, daß wegen der Allgemeinheit der dioptriſchen Formeln die Geometern ſelbſt gleichſam herumzutappen genöthiget ſind, um nicht zu kurze oder zu lange Halbmeſſer der Krümmungen zu erhalten, oder die Oeffnungen zu groß zu machen. R.)

den wirklichen Effect der Dollondiſchen Fernröhre zuſammen reimen, ſo daß er glaubete, er müſſe entweder nicht die wahre Quantität der Brechung und Zerſtreuung für die beyden Arten Glaſes in der Rechnung gebrauchet haben, oder die Abweichung, welche noch übrig bleibe, müßte durch eine Irregularität t) der Flächen der Linſengläſer gehoben worden ſeyn. *) Uebrigens zeiget er einige in den Rechnungen der Herren d'Alembert und Clairaut eingeſchlichene Fehler an u), und beſchließt mit Anzeige ſeines Vorhabens, die Sache weiter zu unterſuchen.

Klingenſtiernas Rechnungen.

Noch hat Hr. **Klingenſtierna**, der große Freude bezeiget, durch ſeine Anmerkungen über **Newton** zu den Dollondiſchen Entdeckungen Anlaß gegeben zu haben, ähnliche Rechnungen, wie **Clairaut** zum Gebrauche bey Verfertigung der Fernröhre angeſtellet, die man in den Schwediſchen Abhandlungen 22 Band S. 75. findet.

Eulers Zweifel gegen die Dollondiſche Theorie.

Herr **Euler**, der dieſe zum Vortheil der Wiſſenſchaft ſo glücklich ausgefallene Unterſuchung zuerſt veranlaſſet hat, hielt ſich auf der einen Seite durch ſeine Schlüſſe und Rechnungen für überzeuget, daß Herr **Dollond** keine neue Grundſätze in der Optik entdecket hätte, und auf der andern Seite konnte er auch nicht Hrn. **Shorts** Zeugniß für die Güte der Dollondiſchen Fernröhre in Zweifel ziehen. Darum erklärete er die außerordentliche Wirkung derſelben theils daher, daß das Kronglas nicht alles rothe Licht durchlaſſe, welches ſonſt einen andern Vereinigungspunct gehabt, und das Bild verderbet haben würde; hauptſächlich aber daher, daß Herr Dollond genau die gehörige Krümmung ſeiner Gläſer getroffen hätte, weswegen er nicht zweifelt, daß er dieſelbe Wirkung würde haben erreichen können, wenn er auch ſeine Gläſer alle von einerley Glasart genommen hätte. Sonſt glaubet er auch noch, daß die Güte der Dollondiſchen Fernröhre dem Augenglaſe mit zuzuſchreiben ſey. w).

Ueberhaupt iſt die Art, wie Herr Euler von dieſer Sache ſchreibt, eines der feinſten Beyſpiele, die mir vorgekommen ſind, wie man zwiſchen einer Theorie, die man für gar zu wohl gegründet hält, und zwiſchen unwiderſprechlichen Thatſachen, die ſie über den Haufen ſtoßen, in Verlegenheit gerathen könne. „Iſt meine „Theorie richtig, ſaget er, ſo folget, daß Herrn Dollonds Objectivgläſer von der „Farbenzerſtreuung nicht frey ſind, wie es doch Hr. **Short** ausdrücklich bezeuget. „Ein ſo feyerliches Zeugniß in Zweifel zu ziehen, fällt mir ſo ſchwer, als eine Theo„rie aufzugeben, die mir ſo gut gegründet zu ſeyn ſcheint, und dafür eine Meynung „anzunehmen, die allen bewieſenen Geſetzen der Natur ſo ſehr entgegen, als wun„derbar und widerſinnig iſt (bizarre et révoltant).„ Er berufet ſich auf Verſuche,

t) Nicht durch eine Irregularität, ſondern durch eine Ungleichheit. Hr. Beguelin ſtellet erſt ſeine Rechnungen für Gläſer an, die gleich hohl und bauchicht ſind, und findet die Abweichung von der Kugelgeſtalt 25 mal größer, als von der Farbenzerſtreuung. Darum, ſaget er, müſſe durch ungleich erhabene und hohle Gläſer geholfen werden, wie auch Dollond ohne Zweifel es gemacht hat. S. die Anmerk. m) A.)

u) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1762, p. 383.

v) Ibid. p. 403. 409.

w) Ibid. p. 245. 253. 261.

die in einem verfinſterten Zimmer angeſtellet werden ſollten, wodurch, wie er gewiß glaubet, erhellen werde, daß die Dollondiſchen Objectivgläſer den Fehlern von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen ſo gut wie die gewöhnlichen unterworfen ſeyn. x)

Weil er aber doch nicht zweifelte, daß Herr **Dollond**, es ſey zufälliger Weiſe oder auf andere Art, durch ſeine Zuſammenſetzung der Gläſer den Fernröhren eine wichtige Verbeſſerung verſchaffet hätte: ſo ließ er ſeinen erſten Entwurf, zwey Mittel von verſchiedener Brechbarkeit zu brauchen, fahren, und wandte ſeine Gedanken bloß auf die Verbeſſerung der Abweichungen, welche von der Krümme der Gläſer entſtehen. Inzwiſchen daß er, ſeiner Meynung nach, nach den wahren Grundſätzen der Optik verfuhr, konnte er doch nicht umhin, ſeine Verwunderung darüber zu bezeugen, daß Herr **Dollond** durch Schlüſſe, welche der Natur der Dinge ganz zuwider wären, auf eine ſo wichtige Entdeckung gekommen ſeyn ſollte. y)

werden gehoben.

Endlich aber ward Herr **Euler** von der Richtigkeit der Dollondiſchen Entdeckungen überzeuget, und geſtand offenherzig, daß er vielleicht nie ſich hätte davon überführen laſſen, wenn nicht Hr. **Clairaut** ihn verſichert hätte, daß die Dollondiſchen Erfahrungen völlig zuverläßig wären. Die Verſuche, welche Herr D. **Zeiher** in Petersburg gemachet hatte, vollendeten endlich ſeine Ueberzeugung.

Zeihers wichtige Entdeckungen.

Dieſer Gelehrte zeigete augenſcheinlich, daß das Bley, welches man zu einigen Glasarten nimmt, dasjenige iſt, welches dem Glaſe die beſondere Eigenſchaft giebt, daß die Brechung der äußern Strahlen ſehr verſchieden wird, ohne daß ſich die Brechung der mittlern merklich ändert. Durch den mehrern Zuſatz vom Bley brachte er eine Art Glaſes hervor, welches die Strahlen weit ſtärker als das Flintglas zerſtreuete. Solchergeſtalt ſah ſich Herr **Euler** genöthiget, ſeinem bisherigen Grundſatze, daß die Zerſtreuung der Strahlen von der Brechung der mittlern abhangen müſſe, zu entſagen, und einzugeſtehen, daß jene auf die Beſchaffenheit des Glaſes hauptſächlich ankomme, wenn dieſe davon faſt unabhängig iſt. z)

Aus dieſen neuen Grundſätzen leitete Herr Euler Formeln für die Zuſammenſetzung der Gläſer her, und giebt, wie die Herren **Clairaut** und **d'Alembert**, Regeln zur Verfertigung der achromatiſchen Fernröhre.

Während, daß er ſich hiermit beſchäfftigte, erhielt er vom Hrn. **Zeiher** einen Brief, datiret Petersburg den 30. Januar 1764, darinn dieſer ihm von dem Erfolge ſeiner Verſuche umſtändliche Nachricht ertheilete, daß er nämlich durch die Vermiſchung von Mennige und Kieſel in verſchiedenen Verhältniſſen ſechſerley Arten Glas hervorgebracht hätte, deren mittlere Brechungs- und Zerſtreuungskraft in folgender Tafel angegeben ſind.

Ver-

x) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1762. p. 260.
y) Ibid. p. 261. z) Ibid 1706. p. 119.

Verhältniß der Mennige und Kieſel.	Mittlere Brechung aus Luft in Glas.	Verhältniß der Zerſtreuung in Vergleichung mit gemeinem od. Kronglaſe.
I. — — 3 : 1	2028 : 1000	4800 : 1000
II. — — 2 : 1	1830 : 1000	3550 : 1000
III. — — 1 : 1	1787 : 1000	3259 : 1000
IV. — — $\frac{1}{2}$: 1	1732 : 1000	2207 : 1000
V. — — $\frac{1}{3}$: 1	1724 : 1000	1800 : 1000
VI. — — $\frac{1}{4}$: 1	1664 : 1000.	1354 : 1000

Aus dieſer Tafel ſieht man, daß eine größere Menge Bley nicht allein eine größere Zerſtreuung der Strahlen verurſachet, ſondern auch die mittlere Brechung beträchtlich vergrößert. Die erſte dieſer Gattungen vom Glaſe, welche dreymal ſo viel Mennige als Kieſel enthält, iſt ſehr merkwürdig, weil man ſonſt keine durchſichtige Materie gekannt hat, welche das Licht ſtärker als in dem Verhältniſſe von ein zu zwey bräche, und weil die Zerſtreuung der Strahlen durch dieſes Glas faſt fünfmal größer iſt, als durch das Kronglas: ein Umſtand, der denjenigen unglaublich vorkommen mußte, die gezweifelt hatten, ob das Flintglas eine nur anderthalbmal größere Zerſtreuung als das Kronglas hervorbringen könnte. Doch läßt ſich an dieſen Glasarten ein gewiſſes Verhältnis zwiſchen der mittlern Brechung der Strahlen wahrnehmen, durch welches man vielleicht dieſe wunderbaren Wirkungen mit andern ſchon bekannten Grundſätzen vereinigen kann.

Aber Hr. **Euler** benachrichtiget uns von noch einer andern nicht weniger merkwürdigen Entdeckung eben des Hrn. **Zeihers**, die alle ſeine Entwürfe zur Erklärung dieſer Erſcheinungen vernichtete. Weil die obigen ſechs Glasarten bloß aus Mennige und Kieſel zuſammengeſetzet waren, ſo fiel Hr. **Zeiher** auf den Gedanken, noch alkaliſche Salze dazu zu ſetzen, um dem Glaſe mehrere Dichtigkeit zum beſſern Gebrauche in der Dioptrik zu geben. Er wunderte ſich aber nicht wenig, da er fand, daß dieſe Miſchung die mittlere Brechung ſehr verminderte, ohne die Zerſtreuung faſt im geringſten zu ändern. Nach vielen Verſuchen erhielt er endlich eine Gattung Glaſes, welches das Dollondiſche Flintglas, in Abſicht des Gebrauches zu Fernröhren weit übertrifft, weil ſie das Licht dreymal ſo ſehr als das gemeine Glas zerſtreuet, und doch das Verhältniß der mittlern Brechung nur das von 1,61 zu 1 iſt. *a*)

Hr. **Euler** ertheilet in einem andern Aufſatze Vorſchriften, wie ſowohl die mittlern als äußern Brechungen verſchiedener Glasarten zu finden ſind, und räth an, Prismen mit großen brechenden Winkeln, gegen 70 Graden zu nehmen. *b*)

So einſtimmig faſt alle Naturkündiger waren, daß Dollond wirklich etwas neues entdecket hätte, das in Newtons Theorie der Optik noch nicht enthalten ſey, ſo wollte doch ein ſo einſichtsvoller und der Mathematik kundiger Mann, wie Herr **Mur-** Murdochs Einwürfe gegen Dollond.

a) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1766. pag. 150.

b) Ibid. p. 202. (Hr. E. findet die Lage des Prisma, welche Newton gebraucht, die Brechung zu meſſen, nicht ſchicklich zu dieſer Abſicht.) K.)

Murdoch von allen dafür gehalten wird, dieſes nicht zugeben. Er warf ſich zu Newtons Vertheidiger auf, und behauptete, daß Dollonds Sätze, die man mit Newtons Theorie nicht übereinſtimmend habe finden wollen, im Grunde nichts als nothwendige Folgen derſelben wären. Er bemühet ſich auch zu zeigen, daß Newton in der Beſchreibung ſeines Verſuches ſich nicht geirret haben mag; wiewohl, wenn man alles, was er in dieſem Stücke ſeiner Vertheidigung anführet, auch zugiebt, daß Newton ein Prisma mit einem kleinern brechenden Winkel gebrauchet haben muß, als er, wie man nach ſeiner eigenen Beſchreibung ſeiner Verſuche nicht anders urtheilen kann, jemals gebrauchet haben mag. c)

Wie es mit dem Irthume, in den Newton gerathen, zugegangen.

Vermuthlich iſt es ſo zugegangen, daß Newton dadurch, daß er bloß das im Sinne hatte, was er als eine klare Folge ſeiner andern Verſuche anſah, ſich ſelbſt hintergangen hat. Wenn gleich das Licht, welches er ſah, gewiß gefärbet geweſen iſt, ſo mochte er dieſes doch der Unvollkommenheit ſeiner Prismen, oder einer Unrichtigkeit ihrer Lage zuſchreiben, welches er nicht der Mühe werth hielt, weiter zu unterſuchen. Man kann auch noch dieſes bemerken, daß Newton in der Beſchreibung ſeiner Prismen und des andern Apparatus bey der Erzählung dieſes Verſuches gar nicht ſo umſtändlich iſt, wie er ſonſt zu ſeyn pfleget, daß er alſo vermuthlich ſeine Nachricht nur aus dem Gedächtniſſe aufgeſetzet hat. Wirklich iſt es kein Tadel für Newton, der ſo viel geleiſtet hat, wenn man ſaget, er habe ſich in dieſem beſondern Falle geirret, und die Entdeckung verfehlet, die Dollond in der Folge gemachet hat; wiewohl Dollond und alle, welche zu der Entdeckung etwas beygetragen haben, großes Lob verdienen, daß ſie das Anſehen eines ſo großen Mannes in Zweifel zu ziehen gewaget haben.

Es iſt nicht zu viel vom Newton geſaget, wenn man behauptet, daß er, der ſich mit dieſen Sachen ſo viel beſchäfftiget, den ganzen Umfang ſeiner eigenen Lehren überſehen haben müſſe, und daß, wenn es durch ſie möglich geweſen wäre, den dioptriſchen Fernröhren beträchtliche Verbeſſerungen zu verſchaffen, er, als einer, der dieſe Werkzeuge ſo ſehr unterſuchet hat, nothwendig darauf gekommen ſeyn würde. Allein, was auch Hr. Murdoch für Newton, oder eigentlich gegen Dollond vorbringen mag, ſo iſt es doch in der That nicht möglich, daß ſolche Fernröhre, wie die Dollondiſchen, könnten zu Stande gebracht werden, wenn die Brechbarkeit der äußern Strahlen ſich in allen Materien wie diejenige der mittlern verhielte, wie es Newton offenbar angenommen hat.

Fernere Verbeſſerung dioptriſcher Fernröhre.

Im Jahre 1758. ertheilte Dollond dem Fernrohre noch eine neue Verbeſſerung, indem er zwey Objectivgläſer von Kronglaſe und eines von Flintglaſe mit einander verband. Sein Sohn, Peter Dollond, trieb dieſe Verbeſſerung noch weiter, indem er erſtlich ein zuſammengeſetztes Objectivglas von fünf Fuß Brennweite, aus zwey Convergläſern von Kronglaſe und einem Concavglaſe von Flintglaſe, mit einer Oeffnung von $3\frac{1}{4}$ Zoll, und hernach ein ähnliches von $3\frac{1}{2}$ Fuß Brennweite mit derſelben Oeffnung verfertigte. d) Da

c) Phil. Transact. Vol. 53. p. 192.

d) Ibid. Vol. 55. p. 56. (Es iſt dies aber eigentlich nichts neues, ſondern eine von den berühmten Mathematikern, die dieſe Sache

Da es von Nutzen ſeyn kann, die brechende Kraft verſchiedener Arten Glas mit ihrer eigenthümlichen Schwere zu vergleichen, ſo will ich hier die eigenthümlichen Schweren derer Glasarten, die man zu Fernröhren gewöhnlich nimmt, nach den Verſuchen, die Hr. Martin damit angeſtellt hat, herſetzen. Eigenthümliche Schwere einiger Glasarten.

Die eigenthümliche Schwere *e*)

des weißen Flintglaſes iſt wie	1	zu	3,29
des gemeinen Tafelglaſes —	1		2,76
des Kronglaſes — —	1		2,52
des gelben Tafelglaſes —	1		2,52
des Braſilianiſchen klaren Kieſels — —	1		2,62

Hieraus ſieht man, ſaget er, daß die brechenden Kräfte dieſer verſchiedenen Arten Glaſes ſich ſehr nahe wie ihre eigenthümlichen Schweren verhalten, welche für das Kronglas, das gelbe Glas und den Braſilianiſchen Kieſel faſt einerley ſind, ſo wie ſie es auch für das ſogenannte Holländiſche weiße Glas und den Cornwalliſchen Diamant ſind. *f*)

Zuſatz des Verfaſſers.

Man hat vieles über den Newtonianiſchen Verſuch, den Dollond unrichtig befunden hat, geſaget, und ſich ſehr gewundert, daß ein Mann, von ſolcher Genauigkeit, wie Newton, einen Umſtand überſehen können, der in der Folge ſo wichtig befunden iſt. Allein nach dem Abdrucke des obigen Kapitels fiel es meinem Freunde, Herrn Michell, glücklicher Weiſe bey, daß, weil Newton anführet, er pflege Bleyzucker in das Waſſer zu thun, um deſſelben brechende Kraft zu vermehren, das Bley in dieſer Geſtalt gleichfalls, wie in der Beymiſchung zum Glaſe, die zerſtreuende Kraft des Waſſers vermehren möchte; und daß, wenn ſich dieſes ſo verhielte, man daraus erklären könnte, warum Newton die Zerſtreuungskraft des Waſſers nicht kleiner als an ſeinen Glasprismen gefunden habe, wie er ſie ſonſt müßte gefunden haben, wenn er den Verſuch ſo, wie er ihn beſchreibt, angeſtellet hätte. Auf welche Art Newton zu dem irrigen Verſuche gekommen ſeyn mag.

Dem zu Folge ſtellete er ein gläſernes Prisma in Waſſer, darinn ſo viel Bleyzucker als möglich aufgelöſet war, indem dieſes ſich zum Waſſer, wie 5 zu 11 etwa verhielte. Wenn ein Gegenſtand durch dieſes ſo imprägnirte Waſſer und durch das gläſerne Prisma an ſeiner wahren Stelle geſehen ward, ſo ſchien er zwar gefärbet, aber ſehr wenig, etwa nur den vierten Theil ſo viel, als wenn er reines Waſſer nahm. Darum zweifelte er nicht, daß wenn ſein Prisma etwas weniger zerſtreuende Kraft gehabt hätte, die Abweichungen der Strahlen gänzlich würden gehoben

Sache unterſucht haben, ſchon angegebene Einrichtung. K.)

e) Nämlich des Regenwaſſers zu den benannten Glasarten. K.)

f) New elements of Opticks, p. 69.

gehoben worden seyn. Es zerstreuete die Strahlen sehr stark. Wäre es von Kronglase gewesen, so glaubet er gewiß, daß die Farben eine entgegengesetzte Lage würden bekommen haben. Der brechende Winkel seines Prisma war 58°; der brechende Winkel des mit reinem Wasser angefüllten, dadurch der Gegenstand an seiner wahren Stelle erschien, war 46°, und des mit Bleyzucker gesättigten war 36° 30′.

Darauf stellete er ein Prisma, das aus Wasser mit aufgelösetem Bleyzucker bestand, in ein prismatisches Gefäß mit reinem Wasser, die brechenden Winkel einander entgegengesetzet; beyder ihre Winkel hatte er so genommen, daß der Gegenstand in seiner wahren Stelle gesehen ward. Der brechende Winkel des Prisma mit dem imprägnirten Wasser war 90°, des andern mit dem reinen Wasser 11° 30′, welchen Winkel er durch Rechnung voraus bestimmet hatte, so gut es sichs thun ließ, und der auch bis auf etwa einen viertheil Grad eintraf. Er verbesserte ihn, bis daß der Gegenstand durch das Prisma unverrücket erschien.

Unter diesen Umständen war der Gegenstand allerdings farbicht; allein nicht so sehr, als er es erwartete. Ob man durch ein Glasprisma die Farben heben könne, kann er nicht vorher sagen, da man hierbey genauer verfahren, und Glas mit wenig oder gar keinem Bley brauchen müßte. Das Brechungsverhältniß für sein gläsernes Prisma war 94,57 zu 60 (93 zu 60 ist es gewöhnlich fürs Flintglas, und 91 zu 60 fürs Kronglas) woraus er schloß, daß es viel Bley enthalten müßte. Das Brechungsverhältniß für die Mischung des Bleyzuckers und Wassers war 82 zu 60 sehr nahe.

Zusätze des Uebersetzers.

Da die Lehre von dem Verhältnisse der Farbenzerstreuung noch zu neu ist, als daß sie schon allgemein genug bekannt seyn könnte, so wird es wohl nöthig seyn, theils die verschiedenen Theorien, die man sich davon erdacht hat, in einigen Stücken noch mehr aus einander zu setzen, als oben geschehen ist; theils auch die Dollondischen Schlüsse besser zu entwickeln, damit der Leser eine Probe habe, wie es möglich sey, die Farbenspielung der Gläser zu heben.

Es sey das Brechungsverhältniß aus Luft in ein gewisses Mittel für die mittlern Strahlen, m: 1, und für die äußersten, als die violetnen, M: 1. Das Brechungsverhältniß aus Luft in ein anderes Mittel sey für jene Strahlen, n: 1; für diese N: 1. Das Verhältniß M—m: N—n heißt das **Verhältniß der Farbenzerstreuung**, (ratio dispersionis). Man kann auch M—m und N—n, weil es kleine Größen sind, wie Differentiale, dm, dn, bezeichnen.

I. Newtons Theorie.

Nach Newton ist $m-1 : M-1 = n-1 : N-1$,
woraus folget $m-1 : M-m = n-1 : N-n$,
oder $m-1 : n-1 = M-m : N-n = dm : dn$

Dieser

Dieser Satz hängt mit seinem angegebenen Versuche folgendergestalt zusam- fig. 75.
men. Es sey AEF ein prismatisches mit Wasser gefülltes Gefäß, in welchem das gläserne Prisma CBD, mit aufwärts gekehrtem brechenden Winkel B stehe. Durch diese Mittel werde der Strahl GH nach HI, IK, KL, LM, gebrochen. In H, I, K, L, errichte man die Einfallslothe pP, PQ, QR, Rr. Das mittlere Verhältniß der Brechung aus Luft in Wasser sey m:1, aus Glas in Luft 1:n, so ist das aus Glas in Wasser, m:n. *) Die brechenden Winkel bey A, B, C, D will ich bloß durch diese Buchstaben, den Einfallswinkel GHp durch H, den Ausfahrungswinkel MLr durch L bezeichnen. Die Winkel der Strahlen mit den Perpendikeln sollen alle so klein seyn, daß man sie ihren Sinussen proportional setzen kann. Demnach ist $PHI = \frac{1}{m}H$, und $PIH = C - \frac{1}{m}H$, weil der äußere Winkel bey P dem C gleich ist. Daraus wird $QIK = \frac{m}{n}PIH = \frac{m}{n}C - \frac{1}{n}H$, und $IKQ = B - \frac{m}{n}C + \frac{1}{n}H$. Ferner $RKL = \frac{n}{m}IKQ = \frac{n}{m}B - C + \frac{1}{m}H$, und $RLK = D - \frac{n}{m}B + C - \frac{1}{m}H$, also endlich $L = mD - nB + mC - H$. Es ist aber der spitzige Winkel, welchen die Verlängerungen der Strahlen GH, LM mit einander machen, $V = H + L - A$, wie man sich leicht durch eine besondere Zeichnung beweisen kann, wenn man die Einfallslothe Pp, Rr, und die Linien GH, ML, die auf derselben Seite der Perpendikel in Absicht auf A liegen, bis zum Zusammenstoßen verlängert. Also ist dieser Winkel $V = mD + mC - nB - A = m(A+B) - nB - A = (m-1)A - (n-m)B$.

Für die äußersten Strahlen, als die violetnen, sey das Verhältniß der Brechung aus Luft in Wasser M:1; aus Luft in Glas N:1, so ist für diese der Winkel $V = (M-1)A - (N-M)B$.

Sollen die ausfahrenden ungleichartigen Strahlen mit einander parallel seyn, so ist der Winkel V immer derselbe, und es ist

$$(M-m)(A+B) = (N-n)B$$

oder $dm : dn = B : A+B$.

Wäre Newtons Versuch richtig, so ist LM mit GH parallel, wenn die ungleichartigen Strahlen parallel mit einander ausfahren, oder es ist alsdenn $V = o$, oder es ist $(m-1)A = (n-m)B$, also $A:B = n-m : m-1$ und $A+B:B = n-1 : m-1$, folglich

$$dm : dn = m-1 : n-1.$$

Es folget also Newtons Lehrsatz von der Zerstreuung der Farben ganz richtig aus seinem Versuche, in so weit die Winkel klein genug sind, wie es Newton ohne Zweifel auch gemeynet hat.

*) Den Beweis dieses Satzes, den Newton gleichfalls aus seinem Versuche herleitet, findet man aus andern optischen Grundsätzen bewiesen in Käſtners Lehrbegriffe der Optik. S. 437.

II. Herrn Eulers Theorie.

Herr Euler, in seiner Abhandl. sur la perfection des verres objectifs des lunettes, Mem. de Berlin 1747. p. 285. setzet folgende Stücke fest, woraus das Verhältniß zwischen m und M, wie auch n und N herzuleiten sind. Nämlich 1) N wird auf dieselbe Art durch n ausgedrücket werden, wie M durch m. 2) Wenn $m = 1$, so muß auch $M = 1$ seyn, weil alsdenn beyde Mittel einerley sind, und keine Brechung geschieht. 3) Wenn man statt m setzet $\frac{1}{m}$, so muß der analytische Ausdruck, welcher M durch m giebt, sich in $\frac{1}{M}$ verwandeln. Denn alsdenn gehen die Strahlen aus dem zweyten Mittel ins erste, und ihr Weg ist derselbe, wie aus dem ersten Mittel ins zweyte. 4) Wenn man mn statt m setzete, so muß der Ausdruck für M sich in MN verwandeln. Diese Bedingungen finden statt, wenn N sich durch dieselbe Potenz von M ausdrücken läßt, auf welche man m erheben muß, um n zu haben, d. i. wenn sowohl $n = m^{\alpha}$ als $N = M^{\alpha}$.

Dieses vorausgesetzet, findet man das Verhältniß $M - m : N - n$ oder $dm : dn$ leicht. Es ist nämlich $\log n = \alpha \log m$, und folglich $\alpha = \frac{\log n}{\log m}$. Ferner ist $d.\log n = \frac{dn}{n}$ und $d.\alpha \log m = \frac{\alpha\, dm}{m} = \frac{\log. n}{\log. m} \cdot \frac{dm}{m}$; folglich, da beyde differentiale gleich sind,

$$dm : dn = m \log. m : n \log. n.$$

Z. B. wenn sie für Glas $m = 1,55$, für Wasser $n = 1,336$, so ist $dm : dn = 1,756 : 1$. Nach Newton wäre $dm : dn = 1,637 : 1$.

Inzwischen widerspricht die Erfahrung dieser Theorie. Der Fehler liegt, so viel ich sehe, gleich in der ersten Bedingung, daß es eine allgemeine, eine gemeinschaftliche Gleichung zwischen M und m, desgleichen zwischen N und n geben soll. Es hängt aber M nicht bloß von m, sondern von andern Dingen ab, die vielleicht nicht einmal mathematisch ausgedrücket werden können. Uebrigens zweifele ich nicht, daß die Eulerische Theorie allein die richtige seyn würde, wenn es eine Gleichung zwischen M und m für alle brechende Materien gäbe, und daß, da sie mit der Erfahrung nicht übereinstimmet, gar keine sonst zu hoffen sey. Clairaut zweifelt zwar an der Richtigkeit des dritten Erfordernisses, weil es bey der Hypothese, nach welcher die verschiedene Brechbarkeit in der verschiedenen Geschwindigkeit der Strahlen ihren Grund hat, sich nicht findet, da es doch, meynet er, bey jeder, sich nicht selbst widersprechender Hypothese statt haben müßte. Ich möchte dieses eher als einen Grund gegen eine solche Hypothese ansehen, wenn sie nicht sonst schon von der Erfahrung widerleget würde. Denn läßt M sich aus m überhaupt bestimmen, so ist es gleichgültig, ob man unter m:1 und M:1 das Brechungsverhältniß aus dem

dem Mittel A in das B, oder aus B in A versteht. Das vierte Erforderniß hat Hr. Euler, meinem Bedünken nach, hinzugesetzet, um den Ausdruck, der Größe M durch m näher zu bestimmen. Denn die erstern fänden auch statt, wenn

$$M = \frac{Am^{p} + Bm^{p-1} + Cm^{p-2} + \text{etc.}}{A + Bm + Cm^{2} + \text{etc.}}$$ wären.

Sind nämlich die Brechungshinderniſſe für zweyerley Arten Strahlen aus dem Mittel A in das Mittel B dieſe, m : 1, und M : 1; und aus dem Mittel B in das Mittel C, dieſe n : 1 und N : 1, ſo ſind ſie aus dem Mittel A in das Mittel C dieſe mn : 1 und MN : 1. Wenn alſo M durch m, und N durch n beſtimmet werden können, ſo muß auf eine ganz ähnliche Art MN durch mn gegeben werden, das heißt, wenn man in der Formel, welche M durch m giebt, ſtatt m ſchreibet mn, ſo muß MN der Werth derſelben werden. Darum würde die obige Formel für M auf folgende einfache, $M = m^{p}$ gebracht werden; und für das andere Mittel wäre gleichfalls $N = n^{p}$ Hieraus folgete weiter $\log M = p \log m$ und $\log N = p \log n$, folglich $\log M : \log N = \log m : \log n$; das iſt $\frac{\log n}{\log m} = \text{Conſt} = \alpha$ und daraus $n = m^{\alpha}$ wie es Hr. Euler angenommen.

Da Hr. Euler alſo das größte Recht hatte, ſeine Theorie, die einzige mögliche wahre, für richtig zu halten: ſo iſt es ihm nicht zu verübeln, daß er ſich nicht anders als durch die augenſcheinlichſten Erfahrungen überzeugen laſſen wollte, ſie komme mit der Natur nicht überein. Ehe könnte man es Dollonden verargen, daß er einen von Newton nur obenhin angezeigten Verſuch nicht eher in Zweifel zu ziehen ſich getrauete, als bis Klingenſtierna die Unrichtigkeit des Newtonianiſchen Verhältniſſes der Farbenzerſtreuung ihm demonſtriret hatte. Die Erfahrung von der Brechung in unſerm Auge, welche Hr. Euler zum Gegenbeweiſe nahm, iſt doch gewiß zuverläßiger als Newtons Verſuch. Wir haben die ſo wichtige Erweiterung der Optik, durch den Gebrauch zweyer brechender Mittel die Farben zu heben, niemanden als Hrn. Euler zu danken, wie es auch Clairaut Mem. de l'Ac. de Paris 1756. p. 403.) eingeſteht. Und wenn Dollond dieſe Idee weiter getrieben hat, ſo hat wiederum niemand ſo ſehr, wie Hr. Euler, die Rechnungen von der Verbeſſerung der verſchiedenen Brechbarkeit, nett, faßlich und praktiſch abgehandelt.

Einen andern Beweis ſeiner Theorie hat Hr. Euler in einem Briefe an Dollond (Philoſ. tranſ. vol. 48. p. 296.) gegeben, der aber eben das im Grunde vorausſetzet, was der obige. Man ſehe auch noch zwo Abhandlungen des Hrn. Eulers in den Mem. de Berlin, 1753. p. 249. und 1754. p. 200.

III. Farbenzerſtreuung nach der Theorie der Attraction.

Man wird der Vorſtellung, daß die Brechung der Lichtſtrahlen durch eine Wirkung des brechenden Mittels auf die Lichttheilchen, durch eine Anziehung

derselben bewerkstelliget werde, sehr gewogen, wenn man sieht, daß sich die Beständigkeit des Brechungsverhältnisses nach dieser Hypothese so mathematisch demonstriren läßt, wie es Newton in seinen Principien gethan hat. Allein um diese Hypothese zu bestätigen, oder zu verwerfen, wird der mathematische Naturforscher nicht zu schwankenden und verworrenen Beweisen oder Widerlegungen sich herablassen, sondern durch Hülfe der Rechnung die Natur näher befragen.

So machete es **Clairaut** in der Abhandlung über die Fernröhre. Mem. de l'Acad. de Paris, 1756. Er hatte schon mehrere Jahre vorher, in einer Abhandlung über die Cartesianische und Newtonianische Erklärung der Strahlenbrechung (Mem. de Paris 1738.) die krumme Linie untersuchet, welche ein Strahl nach der Hypothese der Anziehung beschreibt, sie mag nach welchem Gesetze sie wolle, geschehen. Diese krumme Linie hat die Eigenschaft, daß der Sinus des Winkels, welchen ein Element derselben, in gegebener Entfernung von der brechenden Ebene, mit einem Perpendikel auf dieselbe machet, zu dem Sinus des Einfallswinkels in einem unveränderlichen Verhältnisse steht. Nennt man die Geschwindigkeit einer gewissen Gattung von Strahlen, als der rothen, f, so ist das Verhältniß des Einfallssinus zum Brechungssinus dieses, $r(1+\frac{2\,\text{Const.}}{ff}):1$. Es werde dieses durch $m:1$ bezeichnet, so folget $2\,\text{Const}=(mm-1)ff$. Das Brechungsverhältniß einer andern Gattung von Strahlen, als der violetnen, sey $M:1$, ihre Geschwindigkeit sey g, so ist gleichfalls $2\,\text{Const}=(MM-1)gg$, und das Brechungsverhältniß, $M:1=r(1+\frac{(mm-1)ff}{gg}:1$.

Hierbey bemerke ich (denn den Jahrgang der Pariser Akademie von 1756 habe ich gegenwärtig nicht zur Hand) erstlich, daß dieser Ausdruck von M gegen das dritte von Hrn. Euler angemerkte Erforderniß einer Gleichung zwischen M und m anstößt. Doch dieses soll nicht gerechnet werden. Denn die Hypothese stößt auf mehr als eine Art gegen die Erfahrung an. Es ist nämlich $ff:gg=MM-1:mm-1$. Da nun, nach Newtons Beobachtungen, im Glase $m=\frac{77}{50}$; $M=\frac{78}{50}$, so ist $f:g=45:44$. Darum müßte sich, wie im 2. Abschnitte dieser Periode erzählet ist, ein Unterschied zwischen den rothen und violetnen Strahlen bey den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten bemerken lassen, welches aber nicht geschieht.

Hat man durch Beobachtungen an einem brechenden Mittel, das Verhältniß $f:g$ bestimmet, so kann man für jedes andere Mittel aus dem Brechungsverhältnisse der rothen Strahlen, $m:1$, das Brechungsverhältniß der violetnen nach dieser Hypothese bestimmen. Oder, wenn man eine Formel haben will, so: Weil $(mm-1)ff$ unveränderlich seyn soll, so ist $dm=\frac{mm-1}{m}\cdot\frac{-df}{f}$. Das Zeichen — bedeutet nur, daß die Geschwindigkeit der am meisten brechbaren Strahlen kleiner sey, als der andern, dagegen m für sie größer ist. Für ein anderes brechendes Mittel sey das Brechungsverhältniß der rothen Strahlen, $n:1$, so ist $dn=\frac{nn-1}{n}\cdot\frac{-df}{f}$ also ist $dm:dn=\frac{mm-1}{m}:\frac{nn-1}{n}$.

Es

Es können hier auch m : 1 und n : 1 die Brechungsverhältnisse der mittlern Strahlen, und f ihre Geschwindigkeit bedeuten, ohne daß die ganze Rechnung verändert wird.

Alle diese Theorien weichen von der Erfahrung weit ab. Dollond fand für das Kronglas das mittlere Brechungsverhältniß m : 1 = 1, 53 : 1 für das Flintglas, n : 1 = 1, 58 : 1, und dm : dn = 2 : 3. Es ist aber

nach Newton — — — dm : dn = 1 : 1, 1094
nach Eulern — — — dm : dn = 1 : 1, 111
nach der Hypothese der Attraction, dm : dn = 1 : 1, 08

IV. Berechnung des Dollondischen Versuches mit zweyerley Glasprismen.

Dollond hat sich, wie Hr. Euler in seiner Dioptrik, T. 1, p. 315. erzählet, eines Prisma von Kronglase mit einem brechenden Winkel von 30 Grad, und eines von Flintglase mit einem Winkel von 19 Grad bedienet, diese an einander geleget, und das Sonnenbild frey von Farben gefunden, woraus er das Verhältniß der Zerstreuung im Kronglase und Flintglase, wie 2 zu 3 geschlossen.

Es sey CAB das Prisma von Kronglase, ABD das von Flintglase; das Fig. 76.
Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen in jenem, m : 1, in diesem n : 1; also dasselbe aus Kronglas in Flintglas n : m. Der einfallende Strahl EF werde nach FG, GH, HI gebrochen. In F, G, H seyn die Einfallslothe pP, QR, QS. Setzet man die Sinus den Winkeln proportional, welches zu gegenwärtiger Absicht hinlänglich genau ist, so ist $PFG = \frac{1}{m} F$. (Ich bezeichne hier wieder einige Winkel so abgekürzter Weise, wie im 1. Zusatze.) Daher ist $PGF = A - \frac{1}{m} F$. Ferner $HGR = \frac{m}{n} PGF = \frac{m}{n} A - \frac{1}{n} F$, und $QHG = HGR - HQG = HGR - B = \frac{m}{n} A - B - \frac{1}{n} F$, woraus $IHS = n.QHG = m.A - n.B - F$ folget. Ist dieser Winkel negativ, so zeiget dieses an, daß IH auf der andern Seite von HS, und der Durchschnittspunct Q innerhalb des Prisma ABD falle.

Es seyn M und N für die violetnen Strahlen, was m und n für die mittlern waren, so ist für diese $IHS = M.A - N.B - F$. Sollen keine Farben entstehen, so sind beyde Winkel gleich, oder es ist $m.A - n.B = M.A - N.B$, das ist $(M - m) A = (N - n) B$, oder es ist $dm : dn = B : A = 19 : 30$ fast wie 2 : 3.

Eine genaue Formel hat Herr Euler in seiner Dioptrik T. I. p. 318 gegeben. Sie ist folgende

$$dm : dn = \sin B . \sin GFA : \sin A . \sin GHB,$$

woraus man sieht, daß die Bestimmung des Verhältnisses der Zerstreuung allerdings von dem Einfallswinkel abhängt. Dollond aber gesteht auch in einem Briefe,

den

den Clairaut in den Pariser Memoiren von 1757 anführet, selbst ein, daß er das Verhältniß 2:3 nicht sehr scharf gesuchet habe.

V. Wie durch ein gedoppeltes Objectivglas die Farbenzerstreuung gehoben wird.

fig. 77. Es sey AB eine erhabene Linse von Kronglase und CD eine concave von Flint, jene in E, diese in F auf der gemeinschaftlichen Axe GP, für jene sey das Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen aus Luft in Glas m:1; der äußern, als der violetnen, M:1; für diese sey jenes Verhältniß n:1, das andere N:1. Die Brennweiten der beyden Gläser für die mittlern Strahlen seyn f und g; für die äußern h und l. Die mit der Axe parallel einfallenden mittlern Strahlen sollen durch das erste Glas nach H, durch das zweyte nach K hin gebrochen werden. Sieht man EF als unbedeutend klein an, so findet man aus f H, welches alsdenn für EH = f genommen wird, und aus der Brennweite g, die Vereinigungsweite $FK = \frac{fg}{g-f}$ *). Eben so, wenn die äußern Strahlen durch das erste Glas nach l, durch das andere nach eben dem Puncte K gebrochen werden, findet man aus FI, welches man für EI = h nimmt, und aus der Brennweite des Concavglases, l, die Weite $FK = \frac{hl}{l-h}$. Also ist $\frac{fg}{g-f} = \frac{hl}{l-h}$, oder $fg(l-h) = hl(g-f)$. Weil nun $f:h = M-1 : m-1$, desgleichen $g:l = N-1 : n-1$ **) also $fg:hl = (M-1)(N-1):(m-1)(n-1)$, so ist erstlich $(M-1)(N-1)(l-h) = (m-1)(n-1)(g-f)$. Setzet man hier für h und l ihre Werthe durch f und g, so erhält man $(M-1)(n-1)g - (N-1)(m-1)f = (m-1)(n-1)(g-f)$, und daraus durch eine leichte Entwickelung

$$g(M-m)(n-1) = f(N-n)(m-1)$$

oder

$$f:g = \frac{M-m}{m-1} : \frac{N-n}{n-1},$$

und in Zahlen $f:g = \frac{2}{5}\frac{1}{3} : \frac{3}{5}\frac{1}{8}$, oder etwas genauer, nach den Erfahrungen mit dem Prisma $f:g = \frac{1}{5}\frac{9}{3} : \frac{3}{5}\frac{0}{8} = 1 : 1{,}443$. Es müssen nun aber noch die Halbmesser der Krümmungen der Gläser so genommen werden, daß die Abweichungen von der Kugelgestalt so geringe als möglich werden, um so mehr, da die Brennweite des Glases AB noch etwas weniger als der dritte Theil der Brennweite FK des zusammengesetzten Objectives ist.

VI. Nachtrag von Hrn. Prof. Zeihers Entdeckungen.

Herr Prof. Zeiher erzählet in der Abhandlung von denjenigen Glasarten, welche

*) S. den ersten Th. dieser Uebersetzung. S. 181.

**) S. den ersten Th. dieser Uebers. S. 181, wo m mit $\frac{1}{m}$, $\frac{1}{M}$ u. s. f. verwechselt werden muß.

welche eine verſchiedene Kraft die Farben zu zerſtreuen beſitzen *), er ſey auf die erſte Spur ſeiner Entdeckung durch die Vergleichung des Petersburger Kryſtallglaſes mit dem Engliſchen Kryſtallglaſe gekommen, in ſo ferne ſolche beyde, wenn man ſie in die Flamme der Schmelzlampe bringt, ihre Durchſichtigkeit verlieren, und bley- oder aſchfarben anlaufen, welches er bey Verfertigung einiger Barometer und Thermometer zuerſt wahrgenommen. Weil er nun gewußt, daß man zu dem Petersburger Kryſtallglaſe einen beträchtlichen Theil Mennige nehme, ſo habe er aus dem Anlaufe geſchloſſen, daß auch zu dem Engliſchen weißen Glaſe ein großer Theil Mennige kommen müſſe, und ſey ferner auf die Vermuthung gerathen, ob nicht vielleicht die größere Farbenzerſtreuung von den Bleytheilen herrühre. In dieſer Hoffnung habe er auf einer Ruſſiſchen Spiegelfabrik aus verſchiedenen Gattungen Glaſes unterſchiedliche Keile ſchleifen laſſen, und zu ſeiner großen Freude darunter zwey Gläſer gefunden, ein weißes und ein grünlichtes, die in Anſehung der verſchiedenen Eigenſchaft die Farben zu zerſtreuen, und der mittlern Brechungskraft, dem Engliſchen Flint- und Kronglaſe völlig gleich gekommen. Er traf, wie er weiter erzählet, bey einem Freunde eine Probe von hartem Kryſtallglaſe an, das bloß aus einem Kieſel und Salze beſtund. Von dieſem Glaſe ließ er ſich Keile ſchleifen, und fand zu ſeiner größten Verwunderung, daß die weiße Farbe des Kryſtalles ganz und gar nichts zur Vermehrung der Farbenzerſtreuung beytrüge, indem dieſer Kryſtall keine größere Farbenzerſtreuung zeigete, als das Ruſſiſche grünlichte, oder das Engliſche Kronglas.

Da er hiedurch in der Vermuthung, daß die große Farbenzerſtreuung von dem zum Glaseinſatze genommenen Bleykalke herrühren müſſe, immer mehr beſtärket wurde: ſo ſchloß er weiter, daß ein Glas die Farben auch deſto mehr zerſtreuen müſſe, je mehr Bleykalk nach Proportion der übrigen Beſtandtheile dazu genommen würde, und der Erfolg beſtätigte ſeine Vermuthung. Gleiche Theile Mennige und Kieſel gaben ein citronfarbiges Glas, deſſen Zerſtreuungswinkel dreymal ſo groß, als bey dem grünlichten oder bey dem erſtgedachten harten Kryſtallglaſe war. Aus einem Theile Mennige und zween Theilen Kieſel bekam er ein blaßgrünlichtes Glas, deſſen Zerſtreuungswinkel noch einmal ſo groß als bey dem Kronglaſe gefunden ward; und aus vier Theilen Kieſel und drey Theilen Mennige entſtund ein grünlichtes Glas, deſſen Zerſtreuungswinkel um $\frac{1}{8}$ größer als bey dem Kronglaſe war. Da er auch Engliſches Flintglas mit ſchwarzem Fluſſe ſchmelzte, bekam er einen nicht geringen Theil reducirtes Bley, daß ſich im Schmelztiegel zu Boden geſetzet hatte. Es bleibe noch zu unterſuchen übrig, ſaget er, ob außer dem Bley noch andere metalliſche Kalke, oder die reguliniſchen Theile der Halbmetalle, die Kraft die Farben zu zerſtreuen, vermehren können.

Dieſe Entdeckung des Herrn Zeiher ſcheint alle bisherigen Theorien vom Lichte umzuſtoßen, weil darinn die Farbenzerſtreuung von der Brechbarkeit der mittlern Strahlen abhängig gemachet wird. Sie hängt aber von den Ingredientien des bre-

*) einer in der Petersburger Akademie in Gegenwart der Kaiſerin im J. 1763. gehaltenen Vorleſung. 12. S. 4.

brechenden Mittels ab, und läßt sich so wenig a priori finden, als die Brechung überhaupt. Andere Folgerungen, die für die Optik wichtig sind, findet man in Herrn d'Alemberts Opuscules mathem. p. 405. sqq.

Zum Beschlusse führe ich noch einige hieher gehörige Schriften an, die oben nicht vorgekommen sind.

Die Akademie der Wissenschaften zu Petersburg erhielt auf die für das Jahr 1762 vorgelegte Frage, wie die Unvollkommenheiten der optischen Werkzeuge, welche von der verschiedenen Brechbarkeit und der Kugelgestalt herrühren, durch die Verbindung mehrerer Gläser zu heben seyn, von Herrn Klingenstierna eine Schrift, welcher sie den Preis zuerkannte, und die unter dem Titel: Tentamen de definiendis et corrigendis aberrationibus radiorum luminis in lentibus sphaericis refracti, et de perficiendo telescopio dioptrico, etc. zu Petersburg 1762 gedruckt ist. Bey dieser Gelegenheit gab Herr Euler auch eine Schrift heraus: Constructio lentium obiectiuarum, ex duplici vitro, quae neque confusionem a figura sphaerica oriundam, neque dispersionem colorum pariant.

In den Berliner Memoiren vom J. 1759 an, ist eine große Menge Abhandlungen über diese Materie von verschiedenen Verfassern, besonders von Hrn. Euler, enthalten.

Von dem berühmten Boscovich ist eine Sammlung hieher gehöriger Abhandlungen unter dem Titel: Dissertationes quinque ad Dioptricam pertinentes, zu Wien 1767. in 4to herausgekommen. Am Ende der ersten beschreibt er ein Vitrometrum: ein Werkzeug, die Brechungs- und Zerstreuungskraft jeder Gattung Glases zu bestimmen. Es ist ein halb prismatisches Gefäß mit einem veränderlichen brechenden Winkel, das mit Wasser angefüllet wird, und in welches ein Prisma von der Glasart, die man untersuchen will, gethan wird. Aus dem Winkel des erstern Prisma, wenn der Gegenstand durch beyde ohne Farben gesehen wird, wird die Brechungs- und Zerstreuungskraft des Glases geschlossen.

Vom Herrn Clairaut findet sich noch ein hieher gehöriges Memoire in den Schriften der Pariser Akademie vom J. 1762. Uebrigens hat die Geschichte dieser neuesten optischen Entdeckungen Hr. D. Zeiher selbst sehr schön ausgeführet in einem Programma de nouis dioptricae augumentis, Vitembergae, 1768. nur daß er aus Bescheidenheit darin kein Wort von seinen eigenen wichtigen Entdeckungen einfließen läßt. Aber A. 1773 hat er in einem zweyten Progr. de nouis dioptr. augm. auch seine Erfindung und die Compositionen für diese Glasarten selbst bekannt gemachet; welches auch deutsch im Wittenb. Wochenbl. 1773. im 15. St. befindlich ist.

Daß Herr Euler in seinem großen Werke von der Dioptrik, die von ihm zuerst angegebene, und vom Dollond ausgeführte Verbesserung der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen auf das netteste und vollständigste zur Vervollkommnung aller Arten von Fernröhren und Mikroskopen angewandt habe, werde ich nicht zu erinnern brauchen.

* * *

Eine Anmerkung aus der Chymie experimentale et raisonnée, par Mr. Baumé, T. III. p. 284. mag hier noch ihren Platz finden, da sie erkläret, warum es schwer hält

hält, die Dollondischen Fernröhre außerhalb England eben so gut nachzumachen. Man hat erfahren, saget er, daß das zu Fernröhren taugliche Flintglas auf einer Englischen Glashütte nicht nach sichern Regeln gemachet wird, und nicht immer gleich gut ausfällt, ungeachtet dieselben Ingredientien in demselben Verhältnisse genommen, in denselben Tiegeln, in denselben Oefen, mit demselben Grade der Hitze geschmolzen, und von denselben Arbeitern behandelt werden. Es sind einzelne Tiegel, in welchen man das zu Objectivgläsern taugliche Glas findet, das man alsdenn zu diesem Zwecke zurücke leget. Die ganze Glasmasse in einem solchen Tiegel ist nicht von gleicher Güte; man muß sie in Stücken brechen und die besten auslesen. Aus allen diesen Beobachtungen hat sich gezeiget, daß das Flintglas seine Tauglichkeit zum Gebrauche in Fernröhren nicht sowohl von dem Verhältnisse der Ingredientien, die dazu kommen, erhält, als vielmehr von gewissen während der Verglasung zufällig sich ereignenden Umständen, welche man bisher noch gar nicht im Stande ist, in seine Gewalt zu bekommen und sicher hervorzubringen. Wegen dieser Schwierigkeiten hat die Akademie der Wissenschaften zu Paris einen Preis von 1200 Livres auf die Verfertigung eines dem besten Englischen Flintglase gleichen Glases, und auf die Angabe eines sichern Processes zur Verfertigung desselben gesetzet. Es ist aber diese Aufgabe bis itzt, (saget Herr Baumé im J. 1773.) nicht aufgelöset. Er selbst theilet einige seiner Bemerkungen mit, die zur Auflösung vielleicht den Weg erleichtern möchten.

Zweytes Kapitel.

Beobachtungen über die brechende Kraft mancherley Körper.

Da der ältere Herr Euler ein aus zwey Meniskussen zusammengesetztes Glas einmal mit Wasser, das anderemal mit Weingeiste gefüllet hatte, fand er in dem ersten Falle die Brennweite acht Fuß, in dem zweyten nur fünf Fuß groß, ungeachtet die brechende Kraft dieser Flüßigkeiten nur in dem Verhältnisse von 73 zu 75 von einander abgeht. Daher hielt er diese Art für die beste und sicherste, die brechende Kraft aller durchsichtigen Flüßigkeiten zu bestimmen.

Eulers genaue Methode, die Brechungskräfte flüßiger Körper zu bestimmen.

Der jüngere Herr Euler führte seines Vaters Entwurf aus, indem er mit verschiedenen Flüßigkeiten Versuche anstellete, und vorher sowohl die Richtigkeit der Methode erwiesen, als auch gezeiget hatte, was wegen der Brechung durch das Glas der Meniskusse abzurechnen sey. Es fügte sich, daß er mit den zu diesen Versuchen dienlichen Gläsern versehen war, die zu Objectivgläsern nach dem oben erzählten Entwurfe hatten dienen sollen, nunmehr aber, weil dieser verworfen war, als unbrauchbar zurückgeleget waren.

Die Beschreibung, welche Hr. Euler von seinem Verfahren bey diesen Versuchen giebt, zeiget, daß diese Methode außerordentlich leicht ist. Er hatte nichts weiter nöthig, als seine zwey Gläser, nachdem er sie in die zu untersuchende Flüssigkeit getauchet hatte, an einander zu legen, als worauf sie wegen des flach geschliffenen

ſchliffenen Randes, ſogleich an einander feſt hiengen, das nichts herauslaufen, und man ſie wie ein einfaches Objectivglas behandeln konnte. Sie wurden alsdenn in eine lange Röhre geſtecket, welche ſich nach Belieben kürzer oder länger machen ließ, und in welche noch ein Augenglas kam. Solchergeſtalt brauchte er nur die Länge dieſes Fernrohres genau zu meſſen, wenn er dadurch einen ſehr weit entfernten Thurm deutlich ſehen konnte. War die Brennweite kleiner als ein Fuß, ſo beobachtete er bloß, in welcher Entfernung von der Wand das Bild des gegenüberliegenden Fenſters am deutlichſten ſich entwarf.[a])

Aus ſeinen Beobachtungen zog er folgende Tafeln.

Brechungsta-feln.

Erſtes Paar Meniskuſſe.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie	
deſtillirtes Waſſer	1,3358	zu Eins
Regenwaſſer	1,3358	
Brunnenwaſſer	1,3366	
Franzwein	1,3453	
Franzbranntewein	1,3603	
dito von einer ſtärkern Art	1,3646	
rectificirten Weingeiſt	1,3685	
höchſtrectificirten Weingeiſt	1,3706	
Weißes aus einem Ey	1,3685	
diſtillirten Weineſſig	1,3442	zu Eins
Eine Auflöſung arabiſchen Gummi	1,3467	
Eine Auflöſung von 2 Scrupel weißen Zuckers in einer Unze Waſſer	1,3457	
Eine Auflöſung von 2 Scr. Kochſalz in dito	1,3477	
Eine Auflöſung von 2 Scr. Urinſalz in dito	1,3400	
Provenceröl	1,4651	
Terpentinöl	1,4822	

NB. Das Kochſalz und das Urinſalz waren durch eine zweymalige Kryſtalliſation gereiniget.

Zweytes Paar Meniskuſſe.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie	
deſtillirtes Waſſer	1,3358	zu Eins
Regenwaſſer	1,3358	
Brunnenwaſſer	1,3362	
Franzwein	1,3458	
Franzbranntewein	1,3600	

Das

a) Mem. de l'Ac. de Berl. 1762. p. 302.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie	
dito von einer ſtärkern Art — —	1,3618	
rectificirten Weingeiſt — —	1,3683	
höchſtrectificirten Weingeiſt — —	1,3705	
Thee — —	1,3376	
Eine mit mineraliſchem Alkali geſättigte Solution *)	1,3600	
Saurer Salpetergeiſt —	1,4025	zu Eins
Eine Auflöſung von 2 Scr. Glauber. Salz in 1 Unze Waſſer —	1,3430	
Eine Auflöſung von 2 Scr. Sylviſchen Digeſtivſalz in dito —	1,3454	
Eine Auflöſung von 2 Scr. Salmiak in dito	1,3488	
Eine Solution von 1 Scr. Eiſenvitriol in dito	1,3395	
Zerfloſſen Weinſteinſalz —	1,3917	
Provenceröl — —	1,4648	
Terpentinöl — —	1,4822	

Die brechende Kraft einiger anderer Flüßigkeiten, die er durch das zwente Paar Meniskuſſe, den 18 Aug. 1761. unterſuchte, da Reaumurs-Thermometer auf 31 Grad über dem Gefrierpuncte ſtand, verhielt ſich folgendermaßen.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie	
Brunnenwaſſer — —	1,3351	
Vier verſchiedene Salpeterauflöſungen		
12 Gr. ganz gereinigten Salpeter in 1 Unze Waſſer — —	1,3380	
24 Gr. — —	1,3398	
48 Gr. — —	1,3450	zu Eins
2 Drachmen — —	1,3540	
Vier verſchiedene Infuſionen		
Von Peterſilie — —	1,3351	
Von Nußſchaalen — —	1,3355	
Von Safran — —	1,3359	
Von Pfirſichblättern — —	1,3363	
Selteſer Waſſer — —	1,3353	
Egerwaſſer — —	1,3358	zu Eins
Liquor anodynus — —	1,3650	
Kampherſpiritus — —	1,3757	
Spiritus von Sächſiſcher Seife —	1,4088	

*) In dem franzöſiſchen Original Falcali minerale ſaturatum. Hr. Prieſtley ſetzet hinzu: I ſuppeſe with water. K.)

Erinnerungen gegen Hauksbee.

Hr. Euler beſchuldiget die Beobachtungen des Hrn. Hauksbee eines Mangels an Genauigkeit, und bemerket, daß dieſer die brechende Kraft des Weingeiſtes beträchtlich größer anſetzet, als Newton ſie angiebt, der doch ſich der ſtärkſten Art bedienet hat. Er führt zum fernern Beweiſe an, daß Hauksbee die brechende Kraft des Weißen aus einem Ey geringer als diejenige des Franzbranntweins angiebt; da ſie doch, wie er durch wiederhohlte Verſuche gefunden, ſo groß als beym rectificirten Weingeiſte iſt. Hauksbee mache ferner die brechende Kraft des deſtillirten Weineſſigs ſo groß wie diejenige des Weingeiſtes, da er durch ſeine Verſuche ſie viel geringer, und nur ſo groß wie die brechende Kraft des Franzweins gefunden. [b])

Verſchiedenheiten der Körper in Abſicht auf die Brechung.

Die folgenden Bemerkungen des Herrn Euler über dieſe Sache ſind merkwürdig und nützlich. Es iſt keine Flüßigkeit, und vielleicht gar kein durchſichtiger Körper überhaupt zu finden, deſſen brechende Kraft geringer als des Regenwaſſers oder des deſtillirten Waſſers wäre. Merkwürdig iſt es, daß zwiſchen Luft und Regenwaſſer kein Körper in Abſicht auf die Brechung fällt.

Nach dem Regenwaſſer folget gleich das Brunnenwaſſer, das aber ſo mancherley in Abſicht auf die Brechung ſeyn mag, als es vielerley Brunnen giebt. Das Brechungsverhältniß für daſſelbe iſt inzwiſchen vermuthlich den Gränzen 1, 336 zu 1 und 1, 337 zu 1 enthalten.

Geiſtige Flüßigkeiten haben ein deſto ſtärkeres Brechungsvermögen, je ſtärker ſie ſind. Als Gränzen der Brechungsverhältniſſe kann man für ſie die Verhältniſſe 1, 34 zu 1, und 1, 37 zu 1 annehmen,

Alle Arten Salze, in Waſſer aufgelöſet, vergrößern vermuthlich deſſen Brechung.

Die Auflöſungen von Urinſalz und von Vitriol brechen das Licht am wenigſten; die von Kochſalz und Salmiak am meiſten. Das Brechungsverhältniß der Salzſolutionen, wenn man einen Theil Salz zu zwölf Theilen Waſſer nimmt, wird zwiſchen 1, 34 zu 1 und 1, 35 zu 1 fallen.

Deſtillirter Weineſſig und die Auflöſung von arabiſchem Gummi kommen in Abſicht auf die Brechung dem gewöhnlichen Franzweine ſehr nahe; und die Brechung durch Weißes vom Ey iſt einerley mit derjenigen durch rectificirten Weingeiſt.

Die mit mineraliſchem Alkali geſättigte Solution ſcheint daſſelbe Brechungsvermögen mit ſehr ſtarkem Branntewein zu haben.

Saurer Salpetergeiſt und zerfloſſenes Weinſteinſalz fallen in Abſicht auf die Brechungskraft zwiſchen geiſtige Flüßigkeiten und Oele.

Die brechende Kraft der Oele nähert ſich am meiſten derjenigen, die das Glas hat, beſonders das Terpentinöl, das unter allen von ihm unterſuchten Flüßigkeiten die größte brechende Kraft beſitzt. [c])

Newton

b) Ibid. p. 313.

c) Ibid. p. 310.

Einfluß der Wärme auf die Brechung.

Newton muthmaßte ſchon, daß die verſchiedenen Grade der Wärme auf die brechende Kraft der Körper einen Einfluß haben möchten; allein ſeine Methode, die Brechung überhaupt zu beſtimmen, war zu wenig zuverläßig, hierüber etwas gewiſſes feſt zu ſetzen; dahingegen Hrn. Eulers Verfahren hiezu ſehr ſchicklich war.

Ein erhitztes Glas bricht die Strahlen ſtärker als ein kaltes.

1. Er hielt ein einfaches Objectivglas in kochendes Waſſer, bis es ſo heiß wie das Waſſer ward; maaß darauf unmittelbar deſſelben Brennweite, und fand ſie 16 Zoll groß. Sie war $16\frac{1}{4}$ Zoll, wie die Linſe kalt geworden war. Bey dem Verſuche ſtand das Reaumuriſche Thermometer auf 14 Grad, und da an dieſem 80 Grad für die Hitze des kochenden Waſſers gelten, ſo hatte eine Vermehrung der Hitze zu 66 Grad eine Verminderung der Brennweite um $\frac{1}{4}$ Zoll hervorgebracht.

Ein mit Waſſer angefülltes richt die Strahlen weniger, wenn es erhitzt iſt.

2. Er füllte die Höhlung eines aus zwey Meniskuſſen zuſammengeſetzten Glaſes (des zweyten von den oben angeführten) mit kochendem Waſſer an, und fand die Brennweite 45 Zoll, welche nur 41, 44 Zoll groß blieb, wie das Waſſer kalt geworden war. Das Thermometer ſtand auf 34 Grad.

Mehrere Verſuche dieſer Art.

3. Wie das Thermometer 3 Grad unter dem Gefrierpuncte ſtand, hielt er ein einfaches Objectivglas über kochendes Waſſer, bis das Thermometer, das hart an das Glas gehalten ward, auf 30 Grad ſtieg; maaß darauf ſogleich die Brennweite, und fand ſie 48, 31 Zoll. Nachdem das Glas ſo weit kalt geworden, daß das Thermometer nur 8 Grad Wärme anzeigte, war die Brennweite um $\frac{1}{4}$ Zoll größer geworden; und wie es ganz kalt geworden war, und das Thermometer wieder 3 Grad unter dem Gefrierpuncte ſtand, war die Brennweite noch um $\frac{1}{4}$ Zoll größer. Sie war alſo durch eine Hitze von 33 Grad um einen halben Zoll vermindert.

4. Er füllte die Höhlung zweyer Meniskuſſe (des erſtern Paares der oben angeführten) mit Brunnenwaſſer, hielt ſie über kochendes Waſſer, während daß das Thermometer von 3 Grad unter dem Gefrierpuncte bis zu 30 Grad darüber ſtieg; und fand alsdenn die Brennweite 37, 56 Zoll. Sie ward 32, 44 Zoll, da das Thermometer bis auf 6 Grad herunter gefallen war, und 31, 44 Zoll bey einem halben Grad Wärme. Wie das Thermometer 3 Gr. unter dem Gefrierpuncte ſtand, gefror das Waſſer und ward undurchſichtig.

5. Da er eben dieſe Meniskuſſe, bey demſelben Stande des Thermometers, nämlich 3 Gr. unter dem Gefrierpuncte, mit Franzbranntewein gefüllet hatte, fand er die Brennweite 18, 31 Zoll. Wie dieſes zuſammengeſetzte Glas bis zu 30 Gr. Wärme erhitzet war, ward die Brennweite um 7, 13 Zoll größer.

6. Da er eben dieſe Meniskuſſe, bey dem vorigen Stande des Thermometers mit einer Auflöſung von Kochſalze gefüllet hatte, war die Brennweite 21, 81 Zoll; dieſe ward um 2, 88 Zoll größer, nachdem das Linſenglas bis zu 30 Grad Wärme erhitzet war.

7. Da er eben dieſe Meniskuſſe mit Olivenöl (das Thermometer ſtand auf 8 Gr. unter dem Gefrierpuncte) gefüllet hatte, war die Brennweite 6, 75 Zoll; wie ſie

aber

aber in die Wärme gebracht wurden, da das Thermometer 50 Grad zeigte, war die Brennweite 7, 37 Zoll.

8. An demselben Tage, bey eben dem Stande des Thermometers, füllete er eben diese Gläser mit Egerwasser, und fand die Brennweite 36, 50 Zoll; wie aber das Thermometer auf 50 Grad über den Gefrierpunct, in allem 58 Grad gestiegen war, ward die Brennweite 53 Zoll. d)

Die Wärme vermehret die Brechungskraft aller durchsichtigen Körper.

Aus diesen Versuchen schließt Hr. Euler folgendes. Der erste und dritte Versuch zeigen, daß die Brennweite einer einfachen Linse abnimmt, so wie ihre Erwärmung zunimmt. Diese Verminderung der Brennweite ist nicht etwa einer Veränderung des körperlichen Raums zuzuschreiben; denn diese ist gegen die hier beobachtete Wirkung viel zu klein, und müßte vielmehr eine entgegengesetzte Wirkung hervorbringen. Sie rühret also ohne allen Zweifel von einer Veränderung der Brechungskraft des Glases selbst her, daß also durch die Wärme die Brechungskraft des Glases, und vermuthlich auch aller andern durchsichtigen Körper, vergrößert, und durch die Kälte vermindert wird.

Man möchte sich wundern, daß, da die Brennweite einer einfachen Linse durch die Hitze vermindert wird, die Brennweite der Meniskusse, wenn sie mit irgend einer Flüßigkeit gefüllet waren, durch die Hitze zunähme. Allein Hr. Euler bemerket, es folge hieraus noch nicht, daß diese Materien von der Hitze auf eine andere Art verändert werden als das Glas, und schließt vielmehr, nachdem er alle Umstände dieses zusammengesetzten Versuches erwogen, daß die Hitze die Brechungskraft des Wassers und aller andern Flüßigkeiten, so gut wie des Glases vermehre. e)

Des Duc de Chaulnes Methode, die brechende Kraft des Glases zu bestimmen.

Der **Duc de Chaulnes**, dem die bisher gebrauchten Methoden, die Brechung des Glases zu bestimmen, nicht Gnüge thaten, fiel auf eine andere sehr sinnreiche, die bey guten Werkzeugen und bey vieler Aufmerksamkeit sehr brauchbar seyn mag. Er ließ das Glas in Platten formen, deren Oberflächen völlig eben und parallel waren, auf welche er kleine Gegenstände legte, worauf er vermittelst eines zusammengesetzten Mikroskops, das ein vortreffliches Mikrometer hatte, die verschiedenen Entfernungen, in welchen diese Gegenstände deutlich zu sehen waren, bemerkte, und sie mit der Dicke des Glases verglich. Hieraus finde man, saget

fig. 78.

er, das Brechungsverhältniß für solches Glas unmittelbar. Als, es seyn A und B Puncte an den beyden Oberflächen, und ein Gegenstand befinde sich bey A, so werden die Strahlen bey D und d so gebrochen werden, daß der scheinbare Ort in C ist, und die Entfernung C A wird von der brechenden Kraft des Glases abhangen. f)

Auf solche Art bestimmte er die mittlere Brechungskraft funfzehnerley Arten Glases. Sein Kronglas war 2, 78 Zoll wirklich dick, und schien durch die Brechung nur 1, 85 Zoll dicke, woraus das Brechungsverhältniß 1:0,665 folget.

Für

d) Ibid. p. 328.
e) Ibid. p. 333. 441.
f) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1767. p. 431.

Für Flintglas war die wahre Dicke 2, 42, die ſcheinbare, 1, 52, das Brechungsverhältniß 1 : 0, 628.

Deſſelben Methode, die Farbenzerſtreuung zu meſſen.

Zu beſtimmen, in welchem Verhältniſſe verſchiedene Arten Glas das Licht zerſtreuen, befeſtigte er in der Oeffnung eines dunkeln Zimmers, Stücke des beſten rothen und blauen Glaſes, das er erhalten konnte, worüber Haare ins Kreuz gewickelt waren, und maaß darauf aufs genaueſte die Entfernung der Vereinigungspuncte der Strahlen, die er mit einem Linſenglaſe auffieng, deſſen Entfernung von der Oeffnung er wußte, und deſſen mittlere Brennweite er aufs genaueſte vorher beſtimmt hatte. Auf dieſe Art verglich er das Glas von St. Gobin mit dem Engliſchen Flintglaſe, und fand, daß die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Flintglas ein Fuß 6. $6\frac{3}{18}$ Zoll, und der blauen Strahlen ein Fuß 6. $3\frac{3}{18}$ Zoll betrug; dagegen die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Glas von St. Gobin ein Fuß 8. $2\frac{7}{18}$, und der blauen ein Fuß 8. $0\frac{10}{18}$ Zoll groß war. Die Vereinigungsweite der weißen Strahlen war für jenes Glas ein Fuß 6. $4\frac{15}{18}$ Zoll, und für dieſes ein Fuß 8. $2\frac{3}{18}$ Zoll, ſo daß die Zerſtreuung für jenes ſich zu der für dieſes verhielt wie 3 zu $1\frac{13}{18}$. *f*)

Andere Erfindungen dieſes Herrn.

Auch erfand der Duc de Chaulnes Methoden, die Größe der Krümmung, welche Gläſer, die zu achromatiſchen Fernröhren gebrauchet werden ſollen, haben müſſen, und die Entfernungen, in welchen man ſie ſtellen muß, genau zu meſſen. Desgleichen gab er ſich viele Mühe, an allen Werkzeugen, die er gebrauchete, Mikrometer anzubringen.

Drittes Kapitel.

Brechungskraft der Atmosſphäre.

Lamberts Verbeſſerungen gemeſſener Höhen.

Aus Beobachtungen über die Brechungskraft der Atmosſphäre hat Hr. Lambert ſehr glückliche Verbeſſerungen der beobachteten Höhen der Berge hergeleitet, und gezeiget, daß ſie ſolchergeſtalt mit den Barometerhöhen ſehr gut übereinſtimmen.

Es ſey AC der Halbmeſſer der Erde, AM eines größten Kreiſes auf derſelben, Mo die Höhe eines Berges, von deſſen Spitze o der Lichtſtrahl nach der krummen Linie oA bey A ins Auge kömmt, und zwar nach horizontaler Richtung OA. Hr. Lambert erweiſt erſtlich, daß man bey den mäßigen Entfernungen AM, die auf der Erde vorkommen, die Linie oA für einen Kreisbogen nehmen könne; zweytens, daß der Halbmeſſer dieſes Bogens AE ſiebenmal größer iſt, als AC, oder daß der Weg des Lichtes ſiebenmal weniger gekrümmet iſt, als die Erdfläche. Er giebt darauf eine Tabelle, in welcher berechnet iſt, wie viel man von der ſcheinbaren Höhe MO eines Gegenſtandes, deſſen Spitze in der Horizontallinie erſcheint, nach Maaßgabe der Entfernung AM abziehen müſſe, die wahre Höhe Mo zu haben. Folgende iſt ein Auszug derſelben, in welcher Franzöſiſche Toiſen zu verſtehen ſind. *a*)

fig. 79.

In

g) Mem. de l'Ac. de Berl. 1767. p. 441.

a) Les proprietes remarquables de la lumiere par les airs, etc. par I. H. Lambert, à la Haye, 1758, auf der 87. S. Man findet

oO	AM	oO	AM
1	6761	10	21388
2	9562	20	30238
3	11711	30	37035
4	13523	40	42764
5	15119	50	47812
6	16562	60	52375
7	17889	70	56571
8	19124	80	60477
9	20285	90	64146
10	21388	100	67615

In dieſer Tafel iſt oO die Zahl der Toiſen, welche von der ſcheinbaren Höhe eines Berges, deſſen Entfernung AM iſt, abgezogen werden muß. Die Höhen Oo verhalten ſich wie die Quadrate der Entfernungen AM.

Barometerhöhen ſtimmen mit den gemeſſenen Höhen überein.

Da Hr. **Lambert** nach dieſen Rechnungen die von **Caſſini** gemeſſenen Höhen einiger Berge verbeſſerte, fand er, daß ein Paar derſelben um 80 Toiſen zu klein, andere 40 bis 50 Toiſen zu groß angeſetzet waren, ſo daß es kein Wunder war, daß die Barometerhöhen mit den Meſſungen nicht übereinſtimmen wollten, da ſie hingegen zu den verbeſſerten Höhen ſich vortrefflich ſchicketen. Seine Berechnungen der Höhen der Oerter über der Meeresfläche aus den ihnen zukommenden Barometerhöhen hat er in eine Tabelle gefaſſet, wovon folgende ein Auszug iſt. Die Höhen der Oerter ſind in Toiſen zu verſtehen. *b*)

Barometerhöhe.	Höhe des Ortes.	Barometerhöhe.	Höhe des Ortes.
27 Z. 11 L.	12,0	26 Z.	306,6
— 10	24,1	25	472,8
— 9	36,3	24	647,9
— 8	48,6	23	829,7
— 7	60,9	22	1020,8
— 6	73,3	21	1221,2
— 5	85,7	20	1431,8
— 4	98,2	19	1652,5
— 3	110,8	18	1887,4
— 2	123,3	17	2134,8
— 1	136,0	16	2397,3
27 —	148,7	15	2677,0
26 —	306,6	14	2976,0

Herrn

det dieſe Tafel ſowohl in franzöſiſchen Toiſen als Rheinländ. Ruthen berechnet in ebendeſſelben Verfaſſers vermehrter Ausgabe der Picardiſchen Schrift vom Waſſerwägen. S. 252. 253. A.

b) Lambert, l. c. p. 114.

Herrn **Lamberts** Berechnungen ſetzen inzwiſchen voraus, daß die Brechungskraft der Luft unveränderlich ſey: weil dieſes aber nicht iſt, ſo muß man ſeine Regeln als bloß für den mittlern Stand der Luft gültig anſehen.

Brechungskraft der Atmosſphäre ſehr veränderlich.

Eine ſehr merkwürdige Veränderlichkeit der Brechungskraft der Atmosſphäre beobachtete Dr. **Nettleton**, nicht weit von Halifax in Yorkſhire, woraus erhellet, wie wenig man ſich auf die aus Winkelmeſſungen berechneten Höhen der Berge verlaſſen könne, wenn der Einfluß der Strahlenbrechung in Betrachtung gezogen werden ſoll. Da er durch die Erfahrung ausmachen wollte, wie viel das Barometer in jeder gegebenen Höhe fiele, als wozu er in dieſer bergichten Gegend ſchöne Gelegenheit hatte, ſo nahm er ſich vor, die Höhen einiger der höchſten dortigen Hügel zu meſſen, fand aber bey der Ausführung ſo viel Schwierigkeiten von Seiten der Strahlenbrechung, daß er zu keiner Gewißheit kommen konnte. Er hatte an einem heitern Tage die Höhe eines ziemlich hohen Berges gemeſſen, und die Höhe des Queckſilbers ſowohl am Fuße, als auch auf der Spitze beobachtet, woraus er ſchloß, daß man, wenn das Queckſilber $\frac{1}{10}$ Zoll fallen ſoll, 90 und mehr Fuß in die Höhe ſteigen müſſe. Wie er aber an einem trüben Tage, da die Luft weit mehr mit Dünſten beſchweret war, den Verſuch wiederholete, fand er die kleinen Winkel durch die Strahlenbrechung ſo vergrößert, daß der Hügel viel höher als vorher ſchien. Er ſtellete nachher in ſeinem eigenen Hauſe öfters dergleichen Verſuche an, daß er mit einem Quadranten nach einigen benachbarten Hügeln hin viſirte, und fand, daß ſie des Morgens vor Sonnenaufgang, auch des Abends ſpäte um einige Minuten höher ſchienen, als des Mittags bey heiterer Luft. Einmal fand er zwiſchen den Höhen deſſelben Hügels einen Unterſchied von mehr als 30 Minuten. Hieraus ſchließt er, daß die beobachteten Höhen ſehr hoher Berge, beſonders wenn man ſie, wie es gewöhnlich der Fall iſt, von ferne unter kleinen Winkeln ſieht, gar nicht zuverläßig ſind. [c])

Eulers Unterſuchungen über die Strahlenbrechung in der Atmosſphäre.

Hr. **Euler** hat ſehr genaue Unterſuchungen über die Brechungskraft der Atmosſphäre, in ſoferne die Veränderungen der Wärme und der Elaſticität auf ſie einen Einfluß haben, angeſtellet, und gezeiget, daß die Brechung bis auf eine beträchtliche Entfernung vom Scheitelpuncte hin, ſich hinlänglich genau, wie die Tangente dieſer Entfernung verhalte, und daß ſie mit den Barometerhöhen in einem ordentlichen, mit den Unterſchieden der Thermometerhöhen aber in einem verkehrten Verhältniſſe ſtehe. Nur wenn die Sterne nahe beym Horizonte ſind, wachſen die Abweichungen ſchneller, beſonders bey veränderter Wärme. [d]).

c) Philoſ. transact. ab. vol. 6. p. 161.

d) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1754 p. 132. 138. (Von der Strahlenbrechung durch die Luft findet man in dem 12. Buche der Aſtronomie des Hrn. de la Lande, und in Lulofs Kenntniß der Erdkugel, S. 416. ff. das beſte geſammelt. Die Originalſchriftſteller ſind *Huyghens* de lumine p. 44. *Iac. Bernoulli* Opp. T. 2. p. 1063. *Ioh. Bernoulli* Lect. Hoſp. L. 46. Opp. T. 3. p. 516. *de la Hire* Mem. de Paris, 1702. *Hermann* in Actis Erud. 1706. *Taylor* Meth. increm. p. 108. *Bouguer* methode d'obſerver ſur mer la hauteur des aſtres. P. 2. C. 1. und in den Mem. de Paris 1739 und 1749. *Dan. Bernoulli*

Von dem Blinkern der Fixsterne.

Weil man itzt fast eins ist, das Blinkern der Fixsterne hauptsächlich der ungleichen Brechung des Lichtes, in so ferne sie von den ungleichen und wellenartigen Bewegungen der Dunstkugel herrühret, zuzuschreiben, so will ich zum Beschlusse dieses Abschnittes noch die Bemerkungen über diese Sache, die mir vorgekommen sind, anführen.

Michells Gedanken.

Hr. Michell glaubet, daß, wenn einmal mehrere das andere mal weniger Strahlen ins Auge kommen, dadurch ein so ungleicher Eindruck in dem Auge verursachet werden könne, der vielleicht jene Wirkung, wenigstens zum Theil hervorbringen mag. Es mögen nur sehr wenige Lichttheilchen, vielleicht nur drey oder vier in einer Secunde Zeit in das Auge kommen, und doch kann der Gegenstand immerfort sichtbar bleiben. Der Eindruck kann augenblicklich, und die Empfindung desselben von einiger Dauer seyn. Folglich mögen, nach seiner Meinung, die Lichtstrahlen, die selbst von dem Sirius in einer Secunde ins Auge kommen, nicht über drey bis vier tausend, und von den Sternen der zweyten Größe nicht über hundert seyn. Die scheinbare Ab- und Zunahme des Lichtes welche man bey dem Blinkern der Fixsterne wahrnimmt, mag etwa in einer Secunde vier bis fünf mal geschehen. Demnach wäre es wohl möglich, daß das Blinkern daher entstünde, weil in einer so kurzen Zeit, wie der vierte oder fünfte Theil einer Secunde, die Strahlen natürlicher Weise bisweilen dichter, bisweilen dünner ins Auge kommen. Wenn einmal zwey oder drey auf zwanzig Strahlen mehr, und gleich darauf zwey oder drey weniger ins Auge kommen, so glaubet er, müsse der Unterschied schon merklich seyn. e)

Nachdem diese Gedanken bekannt gemacht worden waren, bekam Hr. Michell doch einigen Zweifel, ob die ungleiche Dichte des Lichtes auch so vielen Einfluß, wie er gedacht hatte, haben könnte, besonders da er bemerkte, daß auch die Venus bisweilen blinkere. Einmal, da sie etwa 6 Grad hoch stand, that sie dieses recht stark, ungeachtet Jupiter, der damals etwa 16 Grad hoch stand, und lange nicht so helle war, ganz und gar nicht blinkerte. Wenn also, ungeachtet der vielen Strahlen, die von einer solchen Oberfläche, als dieser Planet uns entgegenstellet, ins Auge kommen, er dennoch dem Blinkern unterworfen ist, so muß dieses wohl von solchen wellenartigen Bewegungen in der Dunstkugel herkommen, die eine jede andere mitwirkende Ursache ganz merklich machen. Indessen war die Muthmaßung so wahrscheinlich, daß sie verdienete angeführt zu werden.

Musschenbroeks Meynung.

Musschenbroek glaubet, das Blinkern der Sterne möge nicht allein in der Beschaffenheit der Atmosphäre, sondern auch in dem Auge selbst seinen Grund haben. Denn, saget er, in Holland blinkern bey scharfem Froste und heiterem Himmel, die Sterne am stärksten, da man doch nicht glauben kann, daß zu dieser Zeit häufige Dünste aufsteigen und in der Atmosphäre herumschwimmen; und durch ein Teleskop bemerket man kein Blinkern. Also, fraget er, ob nicht die lebhaf-

noulli Hydrodyn. p. 221. *Simpson's* mathemat. dissert. p. 46. und die hier angeführten Schriften der Herren Euler und Lambert.) A.) e) Philos. Trans. vol. 57. p. 262.

Lebhaftigkeit des Lichtes, damit es das Auge rühret, etwas zu der Sache beytragen könne. f)

Allein er hätte gleich eine Probe ſeines Gedankens davon gehabt, wenn er nur den Himmel um den Scheitelpunct herum beobachtet hätte, von welcher Gegend her das Licht den kürzeſten Weg durch die Atmosſphäre geht, und alſo das Auge am ſtärkſten rühren müßte. Er würde bemerket haben, daß die Sterne in dieſer Gegend lange nicht ſo ſehr blinkern, als ſie es näher beym Horizonte thun, wo doch weit mehr Licht von der Dunſtkugel aufgefangen wird.

Falſche Erklärung.

Meinen Leſern durch ein Beyſpiel zu zeigen, daß nicht alle unüberlegte Muthmaßungen zur Erklärung natürlicher Erſcheinungen, in die frühern Abſchnitte dieſer Geſchichte allein gehören, muß ich noch anführen, daß in den neueſten Zeiten einige Aſtronomen das Blinkern der Fixſterne aus der höchſt geringen Kleinheit ihres Durchmeſſers haben erklären wollen, weil ſie deswegen durch jedes in der Luft ſchwimmende Stäubchen dem Auge entzogen würden. Allein Hr. Michell bemerket, daß ein Körper, der dem Auge ſelbſt einen mathematiſchen unendlich entfernten Punct verdecken ſollte, doch ſo groß als der Stern des Auges ſeyn müßte. g) Und ich ſetze noch hinzu, er müßte ſo groß ſeyn, daß er ihn beyden Augen zugleich verdeckte.

Veränderung der Farbe an einigen Fixſternen.

Man hat auch an einigen Fixſternen eine augenblicklich abwechſelnde **Veränderung der Farbe** wahrgenommen. Hr. **Melville** ſaget, wenn man den Sirius oder einen andern hellen Stern, in einer nicht großen Höhe über dem Horizonte, unverwandt anſehe, ſo ſcheine ſeine Farbe nicht immer weiß, ſondern bey jedesmaligen Blinkern, mit roth und blau verſetzet. h) Er ſelbſt weiß es nicht zu erklären; allein der erſt angeführte Gedanke des Hrn. **Michell** kann hier ſehr wohl genützet werden, wenn er auch zur Erklärung des Blinkerns nicht hinreicht. Denn weil der rothen und blauen Strahlen nicht ſo viel ſind, wie der von den Mittelfarben, und ſie alſo, wie alle zufällige Dinge, den Ungleichheiten mehr ausgeſetzet ſind, ſo wird ein kleiner Ueberſchuß oder Mangel von der einen oder andern Gattung einen merklichen Unterſchied der Farbe der Sterne verurſachen. i)

Zuſatz des Ueberſetzers.

Von dem Blinkern der Fixſterne.

Eine Himmelserſcheinung, welche ſich aus der Bewegung der in der Atmosſphäre herumſchwimmenden gröbern Dünſte und Theilchen erklären läßt, iſt folgende, die Hr. **Lambert** bey Gelegenheit des Durchganges der Venus durch die Sonne im Jahre 1769 beobachtet hat. Er ſahe dieſen Planeten durch ein gutes Spiegelteleſkop, bey ſeinem Eintritte in die Sonne ſich wie eine Ente ins Waſſer eintauchen

f) Introductio, vol. 2. p. 707.
g) Edinburgh Eſſays, vol. 2. p. 262.
h) Ibid. p. 81.
i) Philoſ. Tranſ. vol 57. p. 264.

chen und wieder zurücke ziehen. Sie schien in einer Zeit von einigen Secunden zuweilen in einer ablangen Figur bis über 1½ Minuten tief eingesenket, und gleich darauf wiederum ganz heraus zu seyn; und da die Sonne mit ihrem untern Rande am Horizonte war, so schien es, als wäre am obern Rande nordwärts ein ganzes Stück von der Sonne weggekommen, welches sich aber gleich wieder herstellete. Vorher, da die Sonne noch etwa 3 Grad über dem Horizonte stand, sahe ihr Rand ringsherum, besonders aber oben und unten, sehr höckericht, wie eine Säge aus *). Herr Lambert schreibt diese Erscheinungen gewissen augenblicklichen Veränderungen in der horizontalen Strahlenbrechung zu.

Ich bin zwar geneigt, dieselben aus der wallenden Bewegung der gröbern untern Luft zu erklären, so wie man durch einen aufsteigenden Rauch die Gegenstände wanken sieht, aber deswegen bin ich doch nicht geneigt, eben dieser Ursache das Blinkern der Fixsterne zuzuschreiben. Denn warum blinkern die Fixsterne allein, die Planeten nicht, oder doch nur einige derselben selten? Und warum scheinen die Fixsterne Strahlen zu schießen, da sie vielmehr nebst den Planeten sich hin und her bewegen müßten? Darf ich vortragen, was mir bey der Uebersetzung dieses Kapitels eingefallen ist?

Es wäre gut, wenn man erstlich bestimmter die Art und Weise erkläret hätte, wie die Strahlen, wenn sie durch ein wallendes Mittel gehen, hin und her wankend gemachet werden. Vielleicht ist dieses irgendwo geschehen, und vielleicht sind zugleich meine Schwierigkeiten gehoben. Sonst aber bleibt noch folgende Erklärung übrig. Der Reiz des Lichtes auf der Netzhaut verursachet vielleicht eine ganz kleine Bewegung, ein kleines Zittern der Fibern, und das Bild eines leuchtenden Punctes fällt daher bald auf einen, bald auf den andern Punct der Netzhaut. Dauert nun noch der Eindruck auf der einen Stelle, wenn schon die andere gerührt wird, so wird das Bild des leuchtenden Punctes größer als es sonst seyn würde, und es wird bald auf dieser bald auf jener Seite heller: da nämlich, wohin der letzte Eindruck fällt; es scheint Strahlen zu schießen. Dieses mag der Fall bey den Sternen, als einzelnen leuchtenden Puncten, seyn. Die Planeten schießen keine Strahlen, weil ihr Licht gewöhnlich zu schwach ist, als daß der vorhergehende Eindruck auf eine gewisse Stelle der Netzhaut noch neben dem folgenden auf eine andere nächste Stelle fortdauern könnte. Hingegen blinkern die Fixsterne durch ein Fernrohr betrachtet auch nicht, weil alsdenn ihr Bild weit heller ist, und der jedesmalige Eindruck auf eine Stelle den vorhergehenden auf einer nächstgelegenen verdunkelt. Eben so geht es, wenn die Luft, wie in einigen Morgenländern, sehr rein und klar ist. Eine dicke Atmosphäre zerstreuet die Strahlen, welche durch die Brechung überdem selten als von einem Puncte ausfahrend gemachet werden. Das Bild eines Sternes wird daher undeutlicher und schwächer erleuchtet. Durch eine reine Atmosphäre ist es deutlicher und stärker erleuchtet. Es scheint hier, wie es auch sonst in physikalischen, moralischen und politischen Dingen zu gehen pfleget, zu viel und zu wenig ähnliche Wirkungen zu haben.

Fünfter

*) Anmerkungen zu Picards Abh. vom Wasserwägen. §. 53. S. 248.

Fünfter Abſchnitt.

Beobachtungen, die Farben dünner Blättchen, und anderer von ähnlicher Art betreffend.

Unter allen optiſchen Verſuchen, die Newton angeſtellet hat, ſcheinet er auf keine ſo viele Mühe gewandt zu haben, als auf die mit den farbichten Ringen an dünnen Blättchen, bey deren Unterſuchung er ſich als den ſcharfſinnigſten Mathematiker und Naturforſcher zugleich gezeiget; und dennoch mag er nicht allein in Abſicht auf die von ihm angegebenen Urſachen der beobachteten Erſcheinungen ſich geirret, ſondern auch ſehr weſentliche Umſtände daran überſehen haben. Erſteres glaube ich ſchon gewiſſermaaßen oben in den Anmerkungen über die von ihm angenommenen Anwandlungen des leichtern Durchgehens oder Zurückgehens dargethan zu haben; ſo wie das andere aus den Verſuchen erhellen wird, welche in den neuern Zeiten, insbeſondere von dem Abbé Mazeas, angeſtellet ſind. Dieſe erſchienen zuerſt in den Sammlungen der Berliner Akademie vom Jahre 1752, und hernach verbeſſert und vermehret in den Memoires preſentés, vol. 2.

Des Abbé Mazeas Verſuche.

Da derſelbe die flache Seite eines Objectivglaſes auf einem recht ebenen Spiegelglaſe vollkommen glatt ſchleifen wollte, fühlte er nicht allein ſehr bald einen ſtarken Widerſtand, ſo daß er das Objectivglas nicht mehr aus der Stelle bringen konnte, ſondern bemerkte auch mit Verwunderung zwiſchen dieſen beyden ebenen Glasflächen eben die Farben, welche Newton zwiſchen der erhabenen Seite eines Objectivglaſes und einer ebenen Glasfläche geſehen hatte. Hierdurch ward er veranlaßt, die Sache näher zu unterſuchen. Seine Bemühungen ſind ſo ausgefallen, daß ich glaube, den Leſer davon umſtändlich unterrichten zu müſſen.

Mit zwey polirten Glasplatten.

Wenn man zwey durchſichtige und wohl polirte Glasplatten über einander fortſchiebet, und ſie ſo viel möglich allenthalben gleich ſtark gegen einander andrücket, ſo wird man bisweilen in der Mitte, bisweilen nach dem Rande hin einen Widerſtand fühlen, und da, wo dieſer ſich äußert, zwo oder drey feine krumme Linien bemerken, die theils blaß roth, theils matt grün ſind. Je länger man die Platten gegen einander reibt, deſto mehr werden der rothen und grünen Linien an der Berührungsſtelle, und ſie erſcheinen bald unordentlich, bald ordentlich unter einander gemenget. In dem letztern Falle entſtehen concentriſche Kreiſe oder Ellipſen, die mehr oder weniger länglicht ſind, nachdem die Oberflächen mehr oder weniger zuſammenhängen. Dieſe bunten Figuren entſtehen ſicher, wenn man die Gläſer vorher wohl abwiſchet und erwärmet.

Haben ſich die Farben gezeiget, ſo hängen die Gläſer ſehr ſtark zuſammen, und bleiben ſo, ohne daß ſich die Farben verändern. In der Mitte aller dieſer eyförmigen Figuren, die gewöhnlich über zehn Linien lang ſind, zeiget ſich ein eben ſo geſtaltes Scheibchen, gleichſam als wenn man die Goldblättchen zwiſchen die Gläſer gelegt hätte. In derſelben Mitte iſt oft ein ſchwarzer Flecken, der durch ein Prisma betrachtet, lebhaft violet gefärbet erſcheint.

Trennet man die Gläser plötzlich von einander, es sey, daß man sie horizontal über einander wegschiebt, oder wenn dieses nicht angeht, sie ans Feuer hält, und bringt sie gleich darauf wieder zusammen, so kann man, ohne daß man sie über einander zu reiben brauchet, die Farben hervorbringen, wenn man sie erst behende und allmählig stärker zusammen drücket. Zuerst entsteht ein blaßrothes eyförmiges Scheibchen mit einem hellgrünen Flecken in der Mitte, der bey zunehmenden Drucke eine grüne eyrunde Gestalt annimmt, und einen rothen Flecken in der Mitte bekömmt, worauf dieser auch größer wird, und einen grünen Flecken in der Mitte zeiget, welches forthin immer so abwechselt. Zwischen dem Rothen und Grünen zeigen sich auch noch andere, die man aber in dem folgenden Versuche mit prismatischen Gläsern besser unterscheidet.

Man siehet hieraus, wie die Entstehung der Farben an ebenen und krummen Flächen verschieden ist. An jenen war es, den eben beschriebenen Fall ausgenommen, nicht möglich, sie durch den bloßen Druck hervorzubringen. Die Ursache war offenbar, daß er die Gläser, ohne sie gegen einander zu reiben, nicht so nahe zusammenbringen konnte, als es zu dieser Absicht nöthig war.

Mit dünnen Prismen.

Er stellte nunmehr auch Versuche mit dünnen Prismen an, die er so zusammenlegte, daß sie ein Parallelepipedum ausmachten, und sie gegen einander rieb, worauf an den Berührungsstellen vortrefflich glänzende Farben entstunden. Die bunten Ellipsen, die sich hier zeigten, hatten eine lebhaftere Farbe, als bey dem ersteren Versuche, allein das goldfarbene Scheibchen war weißlicht, und nur gegen den Rand zu gelb gefärbet. Es hatte dasselbe einen schwarzen Flecken in der Mitte, und eine dunkelpurpurne Einfassung. Darauf folgte Blau, Orange, Purpurroth, ein zartes Grün, und schwacher Purpur. An den andern Ringen konnte das bloße Auge nichts als eine schwache rothe und grüne Farbe entdecken, welche sich so in einander verlohren, daß die Gränzen der Ringe sich nicht wohl angeben ließen.

Ordnungen der Farben daran.

Diese Farben waren inzwischen keine ursprüngliche prismatische Farben, weil sie in einander liefen, und sich zusammen vermischten. Um die Ordnungen derselben zu beobachten, trennte er die Prismen plötzlich von einander, legte sie wieder zusammen, und ließ durch den allmählig nachgelassenen Druck die Farben eine nach der andern verschwinden. Die Ordnungen, welche er solchergestalt fand, waren folgende: I. Schwarzer Flecken; weißlichtes Eyrund; gelber Rand; dunkles Purpur. II. Blau; Orange; Purpur. III. Grünlicht Blau; Gelblich Grün; Purpurroth. IV. Grün; Roth. V. Zartes Grün; mattes Roth. VI. Schwaches Grün; schwaches Roth. VII. Sehr schwaches Grün; sehr schwaches Roth.[a])

Hitze vertreibt die Farben.

Wie er diese farbichten Gläser über einer Lichtflamme aufhieng, verschwanden die Farben plötzlich; die Gläser blieben aber an einander feste, wenn sie horizontal hiengen. Als sie kalt geworden waren, kehreten die Farben an ihre Stelle zurück. Darauf nahm er zwey dickere Gläser, um die Farben gemächlicher beobachten zu können, und sahe, daß, so wie sie warm wurden, die Farbenstreifen nach den Rändern

a) Vergl. 5. Ver. 5. Abschn. S. 216. des 1. Th. dieser Uebersetzung.

Rändern der Gläſer ſich hinbegaben, wo ſie immer ſchmäler, und zuletzt ſo fein wurden, daß er ſie nicht mehr erkennen konnte. Nahm er die Lichtflamme weg, ſo ſtelleten ſich die Farben in derſelben Ordnung wieder ein [b]). Dieſes wiederholete er ſo lange, bis die Gläſer ſich von der Hitze krümmeten. Dieſe Abwechſelungen müſſen von der Ausdehnung der Gläſer und der Veränderung ihrer Entfernung von einander durch die Hitze entſtanden ſeyn.

Herr Mazeas ſchrieb anfänglich mit Newton dieſe Farben den dünnen Luftſcheibchen zwiſchen den Gläſern zu; allein der ſo verſchiedene Erfolg ſeiner Verſuche mit flachen Gläſern, und derer mit den Objectivgläſern von Newton, überzeugeten ihn, daß die Luft nichts dabey thue. Die Farben der ebenen Gläſer verſchwanden bey Annäherung der Flamme, die Farben der Objectivgläſer nicht. Selbſt da er dieſe letztern ſo erhitzete, daß das nächſte an der Flamme zerſprang, nahm er nicht die geringſte Erweiterung der farbichten Ringe wahr. Nicht, daß die flachen Gläſer weniger zuſammengepreſſet geweſen wären, als die erhabenen; denn da er jene mit Zangen an einander drückte, äußerte ſich die Wirkung der Flamme eben ſo geſchwinde. Er legte ſogar die beyden flachen Gläſer, nachdem er ſie allmählig erwärmet hatte, auf glühende Kohlen, und dem ohngeachtet ſahe er, wie er das öbere gegen das untere mittelſt einer eiſernen Stange rieb, dieſelben farbichten Kreiſe und Ellipſen, in gleicher Ordnung wie vorher entſtehen. Wenn er die Gläſer nicht mehr an einander drückete, vergiengen die Farben; kamen aber wieder, wenn er die Gläſer aufs neue wieder rieb, und dauerten ſo lange, bis dieſe an zu ſchmelzen fiengen.

Weil er aus der Aehnlichkeit ſeiner Verſuche und der Newtonianiſchen ſchloß, daß die Farben von der verſchiedenen Dicke irgend einer zwiſchen den Gläſern befindlichen Materie herrühreten, ſo machte er mit etwas dickern Materien eine Probe. Er legte eine, etwa ein Viertheil einer Linie dicke Kugel von Talg zwiſchen die Gläſer, welche er erwärmete, um das Talg aus einander fließen zu machen; allein er konnte ſo wenig hiemit, als mit andern weichen Subſtanzen, Farben hervorbringen. Da er aber die Gläſer ſtärker in die Runde gegen einander rieb, und darauf nach einer Lichtflamme durch ſie ſahe, fand er dieſe mit zween oder drey concentriſchen ziemlich breiten Ringen umgeben, die ſehr lebhafte und ſaubere Farben, nämlich ein ins Gelbe fallendes Roth und ein ſmaragdenes Grün hatten. Als er die Gläſer noch mehr gerieben hatte, entſtanden noch mehrere Farben, Blau, Gelb und Violet, an den Ringen, insbeſondere wenn er durch die Gläſer Körper, die gerade zu von der Sonne erleuchtet waren, betrachtete. Als durch mehreres Reiben das Talg ſehr vertrieben war, wurden die von dem durchgelaſſenen Lichte entſtandenen Farben ſchwächer, dagegen die von dem zurückgeworfenen Lichte gemachten lebhafter wurden. Verſuche mit Talg zwiſchen den Gläſern.

Statt Talges nahm er auch Siegellak, Harz, Wachs und den Bodenſatz von Urin. Mit dem erſten ſetzete es viel Schwierigkeit, es durch das Reiben hinlänglich

b) Muſſchenbrocks hernach anzuführende Verſuche ſagen das Gegentheil. K.)

lich dünne zu machen, dabey er seine Gläser zum öftern erwärmen, und, nicht ohne Gefahr, seine Finger zu verbrennen, den Augenblick, da es flüßig ward, welches nicht lange dauerte, wahrnehmen mußte. Da ihm endlich der Versuch mit dem Siegellacke glückte, erschien es durch zurückgeworfenes Licht undurchsichtig mit seiner gewöhnlichen Farbe, allein bey durchgehendem Lichte nahm er dieselben Ringe, wie an dem Talge wahr, so wie er überhaupt an den Farben des Talges, Siegellackes, Wachses und Harzes wenig Unterschied entdecken konnte: außer daß das letztere nicht so lebhafte Farben erzeugete, weil seine Theilchen zu durchsichtig sind. Der Bodensatz vom Urin brachte lebhaftere Farben hervor. Wie er die Gläser damit über einer Lichtflamme hielte, verschwanden die Farben, und es entstanden ästige Figuren, wie Reif gestaltet, (dergleichen aber nicht so deutlich und stark hatten sich auch an dem Talge und Siegellacke gezeiget) welche sich wieder verlohren, da die Gläser kalt wurden.

Farben von anhängenden Dünsten.

Zu versuchen, was Dünste für Wirkung thäten, häuchete er eine seiner Glasplatten an, und es entstand von den ans Glas sich anhängenden Dünsten, ehe sie sich gänzlich verlohren, bisweilen eine Menge sehr abwechselnder Farben. Allemal glücket aber dieser Versuch nicht sogleich. Man muß mehrmals auf das Glas hauchen, und nicht vergessen, es jedesmal mit der Hand abzuwischen, sowohl um die Feuchtigkeit wegzunehmen, die sonst die Dünste feste halten möchte, als auch auf dem Glase gleichsam Furchen zu machen, welche den Farben dadurch, daß sie die Dünste ungleich dicke machen, noch mehr Abwechselungen zu geben dienen. Das Glas muß nicht mit Queckſilber beleget seyn. Waren die Wassertheilchen, woraus dieser Dunst bestand, zu dicke, als daß sie Farben hervorbringen konnten, so zertheilete er sie mit einem Pinsel, worauf er unzählig viel bunte Fäden erblickete, die sehr schnelle auf einander folgeten.

Erscheinungen eines Wassertropfens zwischen den Gläsern.

Er brachte einen Wassertropfen zwischen zwey Stücke gemeinen Glases, und konnte zwar durchs Zusammendrücken keine Farben hervorbringen, wogegen er aber, wenn er den Wassertropfen von einem Orte zum andern sich bewegen ließ, wahrnahm, daß auf dem Wege, den er genommen, große Flecken von rother, gelber, grüner, purpurner ꝛc. Farbe entstanden, die mit erstaunender Geschwindigkeit sich veränderten und dem Auge die schönste Abwechselung von Schattirungen darstellten.

Dünste machen die Farben matt.

Sich völlig zu versichern, ob auch Dünste die Farben bey seinen ersten Versuchen hervorgebracht hätten, hauchte er vorher eine seiner Glasplatten an, ehe er sie an einander riebe, worauf die Farben in derselben Ordnung, wie vorher erschienen, aber dunkler und unordentlich an den von den Dünsten eingenommenen Stellen zerstreuet waren. Sie bekamen ihren vorigen Glanz, als er die wässerichten Theile durch Hitze vertrieb.

Ob zwischen den Gläsern befindliches Wasser Farben erzeuge.

Newton hatte zwischen seine Objectivgläser einen Wassertropfen gebracht, und beobachtet, daß, so wie das Wasser zwischen die Gläser eindrang, die Farben matter, und die Ringe enger wurden; und weil er diese Farben von der Dicke des Wasserscheibchens, so wie die erstern von der Dicke des Luftscheibchens herleitete,

die

die Durchmeſſer der farbichten Ringe an dem Waſſer gemeſſen, und daraus berechnet, daß die Zwiſchenweiten der Gläſer bey ähnlichen Ringen für dieſe beyden Mittel nächſtens wie drey zu vier ſich verhielten, und daraus den Schluß gezogen, es verhielten ſich für andere Mittel dieſe Zwiſchenweiten wie die Brechungsſinus aus dieſen Mitteln in die Luft. c)

Ob zwiſchen den Gläſern befindliches Waſſer Farben erzeuge.

Um ſich zu verſichern, ob ſolchergeſtalt die farbichten Ringe ſeiner Gläſer bloß von der Dicke des Waſſers abhiengen, tauchte Mazeas ſie mit einem Rande in Waſſer, nachdem er ſie, ehe er die Farben durch Reiben hervorbrachte, wohl abgewiſchet und erwärmet hatte. Das Waſſer brauchte eine ziemliche Zeit in die Höhe zu ſteigen, und ſo wie es heraufſtieg, nahm er ein ſehr dünnes Waſſerſcheibchen wahr, das über der Materie, die, ſeiner Meinung nach, die Farben hervorbrachte, ohne ſich damit zu vermiſchen, fortlief. Denn über dieſem Waſſerſcheibchen hinaus ſahe er die Farben noch immer an derſelben Stelle und in einerley Ordnung, nur daß ſie tiefer und dunkler waren; und da er die Gläſer über einer Lichtflamme hielte, ſahe er ſie verſchwinden und wieder kommen, ſo wie er die Flamme näherte oder entfernte. Darauf befeuchtete er die Gläſer noch ſtärker als vorher, rieb ſie wie gewöhnlich gegen einander, und ſahe immer die gleiche Erſcheinung; auch fand er, wenn er die Gläſer in dem Augenblicke, da die Farben verſchwunden waren, von einander ſonderte, daß ſie immer naß waren. Deswegen glaubte er, die Farben könnten nicht von dem Waſſer, ſondern müßten von einer andern durch die Hitze empfindlichern Materie, herrühren. Auch hielt er dafür, dieſe farbichten Ringe entſtehen nicht von der Zuſammenpreſſung der Gläſer, oder wenn hierauf ja was ankomme, ſey es nur in Abſicht auf die Modification, nicht auf die Hervorbringung der Farben. d)

Beobachtungen des du Tour.

Dieſe Verſuche des Abbé Mazeas wurden von dem Herrn du Tour aufs neue mit einigen Veränderungen gemacht. Gegen Newton bemerket er, daß ein Luftſcheibchen ſo wenig zur Hervorbringung farbichter Ringe nöthig iſt, daß vielmehr eben die Luft es iſt, welche die Erſcheinung derſelben an den flachen Gläſern verhindert, weil ſie ſich an ihren Oberflächen anhängt, und ſich bloß durch Zuſammendrücken nicht vertreiben läßt: es ſey denn, daß an einer Stelle ſchon vorher Farben ſich gezeiget haben, in welchem Falle ſie, durch das Auflegen, ohne Reiben ſich hervorbringen laſſen, weil die Luft alsdenn vermuthlich nicht die Zeit hat, ſich feſte genug an das Glas zu hängen. Andere Materien ſind, wie er fand, durch die Berührung mit dem Glaſe dem Verſuche nicht ſo hinderlich. Denn wenn er die Gläſer mit irgend einer Fettigkeit ganz dünne überſtrich, entſtanden die Ringe ohne Reiben, wie auch, wenn er ſie gelinde in Waſſer tauchte, oder mit ſeinem Finger abwiſchte. Dieſe Muthmaßung beſtätigte er durch folgende Erfahrung. Er tauchte zwo Glasplatten, deren eine abgewiſchet war, die andere nicht, ins Waſſer, brachte ſie unter einen Recipienten, und fand, daß nach ausgepumpter Luft, an der letzten ſich Bläschen zeigten, an der erſten aber nicht,

c) S. den 1. Th. dieſer Ueberſ. S. 213. d) Memoires preſentés, vol. 2. p. 43.

Wenn eines von den Gläſern erhaben iſt, ſo möge, ſaget er, die Luft durch den bloßen Druck ſich herausziehen können, welches aber nicht angehe, wenn ihr zwiſchen zwo flachen Glasplatten alle Auswege benommen ſind. Die Luftpumpe, findet er, kann die an der Oberfläche eines Körpers liegenden Lufttheilchen nicht wegbringen, weil die Glasplatten, die er unter einem luftleeren Recipienten eine ziemliche Zeit hatte liegen laſſen, dadurch zu dem Verſuche nicht ſo tauglich wurden als durch Abwiſchen *e*).

Muſſchenbroeks Beobachtungen.

Muſſchenbroek beobachtete, daß, wenn ein großer Tropfe Weingeiſt auf ein Objectivglas gethan, und alsdenn ein anderes darauf geleget wird, und beyde an zwo entgegengeſetzten Stellen mit zween Fingern ſtark an einander gedrücket werden, der Tropfe ſich ſehr in die Runde ausbreite; daß ferner, wenn man die Gläſer gegen den Horizont neiget, und den Druck der öbern Finger nachläßt, hingegen den Druck der untern verſtärket, der Weingeiſt, der nach den engern Stellen ſtärker herabgezogen wird, ohne doch ſich von den einmal benetzten Stellen gänzlich wegzuziehen, mehrere ſehr breite farbichte Ringe, drey Zoll im Durchmeſſer groß, zurücke laſſe. Von dieſen Ringen war keine Spur zu ſehen, wie der Tropfe in der Mitte zwiſchen den Gläſern war. So wie der Druck der öbern und untern Finger verändert ward, zeigeten ſich mehrere Ringe. Dergleichen breite und große farbichte Ringe entſtehen auch, ſaget er, wenn ſchwarze Seifenlauge zwiſchen die öbern Ränder der Linſen gegoſſen wird, und wenn man, nachdem dieſelbe um die Mitte der Gläſer ſich verbreitet hat, den Druck der öbern und untern Finger mit einander abwechſeln läßt. Alsdenn kommen da, wo die Linſen weiter von einander abſtehen, an der Seifenlauge, die ſich an den Glasflächen anfängt, Ringe hervor, und die übrige Lauge fließt nach den engern Stellen hin.

An Objectivgläſern von 100 Fuß Brennweite ereignet es ſich bisweilen, daß, wenn ſie lange trocken gelegen haben, keine Farben daran entſtehen wollen, wenn ſie auf einander geleget werden, auch dann noch nicht, wenn man ſie mit reiner trockener Leinewand abwiſchet. Werden ſie alsdenn aber mit Weingeiſte tüchtig gereiniget und abgewiſchet, ſo kommen die Farben an dem Berührungspuncte hervor. Die Urſache ſuchet er in dem Schmutze der Luft, der ſich mit der Zeit daran ſetzet; wozu kommen mag, daß die Salze, welche zu dem Glaſe genommen werden, etwas verwittern, und faſt unmerkliche Flecken machen, daher alſo die Glasflächen rauh werden, und ſich nicht dichte genug an einander fügen, ein Umſtand, der durch das Abwaſchen und Abwiſchen gehoben wird. Woher übrigens die farbichten Ringe entſtehen mögen, ſaget er, ſey noch gar nicht ins Klare geſetzet *f*).

Die

e) Memoires preſentés, vol. 4. p. 289.

f) Introductio ad phil. nat. vol. 2. p. 738. (Die Art, wie Muſſchenbroek ſeine Verſuche mit flachen Glasplatten gemachet hat, geht noch etwas von des Abbé Mazeas ſeiner ab. Er wuſch ſie mit rectificirtem Weingeiſte ab, rieb ſie mit warmer Wolle, wärmte ſie auf reinem Kohlenfeuer, legte ſie eine auf die andere, daß Rand auf Rand kam, drückete die obere ſtark gegen die untere, und rieb ſie gegen dieſe. So entſtunden allerhand hart an einander liegende bunte Streifen, über die ganze Oberfläche hin, meiſtentheils purpurfärbig und grün,

von

Die Herren **Boscovich** und **Benvenuti** haben die Erſcheinungen an dünnen ſowohl als an dicken Scheibchen in einigen mit vielem Fleiße ausgearbeiteten Abhandlungen, die unter dem Namen des letztern herausgekommen ſind, zu erklären geſuchet. Weil ſie aber keine andere, als die von Newton beobachteten Erſcheinungen in Erwägung ziehen, dem doch verſchiedene merkwürdige Umſtände entgangen ſind, ſo will ich den Leſer mit ihren ſehr verwickelten Rechnungen hierüber nicht ermüden. Was Boscovich und Benvenuti hierinn geleiſtet.

Es iſt in der fünften Periode dieſer Geſchichte erzählet, daß Newton die von dicken Scheibchen verurſachten Farben auf eine ähnliche Art erklären zu können geglaubet hat, wie die von dünnen Scheibchen entſtandenen, beſonders in den ſinnreichen Verſuchen, da er einen Lichtſtrahl durch einen Pappbogen auf einen gläſernen Hohlſpiegel fallen, und wieder auf ihn zurückprellen ließ, dadurch auf der Pappe farbichte Ringe ſich zeigten. Dieſe Verſuche wurden von dem **Duc de Chaulnes** mit gutem Erfolge wiederholet. Er erklärete dieſe Farben aus der Brechung des Lichtes. Des Duc de Chaulnes Verſuche mit Glasſpiegeln.

Zufälliger Weiſe bemerkte dieſer Herr, daß wenn der gläſerne Spiegel durch Anhauchen trübe gemacht war, ein weißes zerſtreutes und lebhaftes Licht ſich über den Pappbogen ausbreitete, und daß die Farben der Ringe ſtärker und deutlicher wurden. Damit dieſe Erſcheinung von Dauer wäre, befeuchtete er die Oberfläche mit Milch und Waſſer, welches er darauf trocken werden ließ.

In allen ſeinen hierüber angeſtellten Verſuchen fand er, daß, wenn die Strahlen zuſammenlaufend auf die Fläche des Spiegels fielen, die Farbenringe kaum zu erkennen waren; fielen ſie parallel darauf, wie ſie es in Newtons Verſuchen gethan haben müſſen, [g]) ſo waren ſie deutlich genug; am lebhafteſten wurden ſie, wenn er vermittelſt eines in der Oeffnung des Fenſters angebrachten Converglaſes, ſie nach dem Mittelpuncte der Kugel, aus welcher der Spiegel geſchliffen war, hinleitete, ſo daß ſie ſenkrecht auf den Spiegel fielen. Alsdenn konnte er das durch die Zurückwerfung entſtandene Bild weit von dem Loche [h]) entfernen, ohne daß die

von verſchiedener Breite und von unordentlicher Geſtalt, die deſto mehr in die Augen fielen, je ſchiefer man die Gläſer anſah. Dieſe Platten drückete er mit drey oder vier Schrauben an den Ecken, auch wohl mit einer fünften in der Mitte zuſammen. Um die Stellen, wo die Gläſer angedrücket waren, erſchienen kreisrunde Ringe. Wurden darauf die Platten über Torfkohlen heiß gemachet, ſo erſtrecketen ſich die farbichten Streifen bis in die Mitte der Platten, und machten oft Figuren, wie die Faſern tannener Bretter mit rundlichten Stellen wie dieſe. Je heißer die Platten wurden, deſto beſſer nahmen ſich die Farben aus, ohne daß einige verſchwanden. Selbſt da die eine Platte von der Hitze zerſprang, blieben die krauſen Streifen an dem Bruche hin. Wenn die Platten wieder kalt wurden, veränderten die Streifen ihre Figur, wurden ſchmaler und matter von Farbe, vergiengen aber doch nicht. Nach zwey Jahren waren die Farben noch nicht vergangen. Was Mazeas anführet, daß die Farben, wenn die Glasplatten erhitzet worden, ſich von der Mitte nach dem Rande zu begeben, und daſelbſt ganz feine Linien gemachet, ſaget Muſſchenbroek, habe er nie bemerket. K.

g) Die von verſchiedenen Puncten der Sonne herkommenden Strahlen waren doch divergent. K.

h) Soll vermuthlich heißen von dem Spiegel. K.

Ringe darum verſchwanden, und er ſahe ganz deutlich, wie ſie aus ihren Centralflecken, die ihre Farben einigemal veränderten, entſtanden.

Das Ereigniß bey dem Anlaufen des Spiegels überzeugete den Düc de Chaulnes, es müßten die farbichten Ringe durch die Vorderfläche erzeuget werden, und die Hinterfläche, welche die durchgegangenen Strahlen zurückwirft, diene nur dazu, die Strahlen zu ſammeln, und ſie in hinlänglicher Menge auf die Pappe zu werfen, um die Ringe ſichtbar genug zu machen. Folgende Verſuche beſtärkten ihn in dieſer Meinung.

Er nahm ein Planconvexglas, von ſechs Fuß Brennweite, ſtellte es ſechs Fuß von der Pappe, mit ſeiner erhabenen Seite nach derſelben hingekehret. Solchergeſtalt wurden die Strahlen durch die Vorderfläche parallel mit einander gemachet, daß ſie ſenkrecht auf die Hinterfläche fielen, welche ſie wieder ſo zurückwarf, daß ſie ſich auf der Pappe vereinigten. Unter dieſen Umſtänden erſchienen die Ringe ſehr deutlich, wenn er vorher die erhabene, dem Lichte zugekehrte Seite anlaufen ließ.

Da er aber das Glas umkehrete, daß die ebene Fläche deſſelben der Pappe zugewandt war, konnte er in der Entfernung von ſechs Fuß keine Ringe erblicken, wohl aber in der Entfernung von drey Fuß, weil die Hinterfläche von ihrer hohlen Seite auf dieſe Weite die Strahlen nach der Pappe hin vereinigte.

Aus dieſen beyden Verſuchen erhellet, wozu die zweyte Fläche des Spiegels dienet, und wie ſie am vortheilhafteſten zu ſtellen iſt. Die folgenden zeigen, in wie ferne es auf die Vorderfläche bey dieſen Ringen ankömmt.

Newton hatte, ſaget er, bemerket, daß, wie er einen Spiegel von gleicher Brennweite mit dem erſten, aber zweymal ſo dick, brauchte, die Ringe viel kleiner im Durchmeſſer als vorher wurden. Hieraus zog der Düc eine Beſtätigung ſeiner Gedanken, weil, wenn die Ringe von der Vorderfläche herrühren, ſie deſto breiter werden müſſen, je näher dieſe Fläche der hintern kömmt, welche nichts thut, als die von der Vorderfläche zurückgelaſſenen zurückwerfen.

Noch andere mit einem metallenen Spiegel.

Hievon ſich zu verſichern, erdachte er eine Einrichtung von zwo beweglichen Flächen, verbunden mit einem Mikrometer, die Entfernung beyder Flächen auf das genaueſte zu meſſen. Er nahm nämlich einen metallenen Spiegel aus einem reflectirenden Teleſkope, der aus einer Kugel von zehn Fuß im Halbmeſſer geſchliffen war, befeſtigte ihn auf einem Fußgeſtelle, das einen Schieber hatte, welcher einen leichten Rahmen trug, worinn ein dünnes mit Milch und Waſſer trübe gemachtes Scheibchen Talg befeſtiget war. Der Rahmen mit dem Scheibchen Talg konnte entweder hart an den Spiegel gebracht, oder auf acht bis neun Zoll davon entfernet werden, und das Mikrometer zeigte die kleinſte Bewegung deſſelben auf das genaueſte.

Als er den Spiegel zehn Fuß von der Pappe, alſo in der Weite des Halbmeſſers ſeiner Kugelfläche, geſtellet hatte, zeigten ſich die Ringe ihm ſehr deutlich, weil ſein Spiegel ſehr genau geſchliffen war; allein die Durchmeſſer der Ringe veränderten ſich mit der Entfernung des Tafelſcheibchens vom Spiegel, und waren

ren ſehr groß, wenn es dem Spiegel ſehr nahe war, hingegen ſehr klein, wenn es bis auf ſieben oder acht Zoll abgerückt ward.

Hieraus erhellte nun zwar, daß die Ringe von der vördern Fläche hervorgebracht, und von der hintern zurückgeworfen wurden; aber es blieb noch die Art, wie dieſes geſchehe, zu erklären übrig. Er kam auf den Gedanken, daß die kleinen Strahlencylinder bey dem Durchgange durch die Zwiſchenräumchen des durchſichtigen Mittels eine Art von Beugung erleiden möchten, wodurch die cylindriſche Figur des Strahles in eine coniſche verwandelt würde. Darum dachte er darauf, wie er einen Körper mit Zwiſchenräumchen von einer beſtimmten und bekannten Geſtalt ſtatt des Talges erhalten könnte, und ſpannte ein Stück feinen Muſſelins ſo glatt als möglich in obengedachten Rahmen. Er fand auch, zu ſeinem großen Vergnügen, ſeine Muthmaßung beſtätiget; denn die kreisrunden Ringe hatten ſich nun in Quadrate verwandelt, deren Winkel nur ein wenig abgerundet waren. Sie waren ſo wie jene gefärbet, nur daß wegen des von dem Muſſelin aufgefangenen Lichtes ihr Glanz ſich vermindert hatte.

Wie er ſtatt des Muſſelins Silberfaden, dreyviertel oder eine ganze Linie weit von einander genau parallel in den Rahmen zog, ohne Querfäden darüber zu legen, ſo war anſtatt der Ringe, die ſich vorher gezeiget hatten, nichts als ein Schein eines weißlichten Lichtes zu ſehen, durch welches allerhand lebhafte gefärbte Streifen liefen, die in derſelben Ordnung wie die Ringe auf einander folgeten.

Endlich, um den Verſuch noch einfacher, und den Newtonianiſchen Verſuchen von der Beugung des Lichtes gleichförmiger zu machen, ſtellete er ſtatt des obigen Rahmens bloß eine Meſſerſchneide vor dem Spiegel, worauf dieſelben Erſcheinungen wie bey den Silberfaden ſich zeigeten, außer daß das Licht weit ſchwächer, aber doch noch hinlänglich ſtark war, um die Uebereinkunft beyderley Wirkungen daraus folgern zu können.

Was die meiſte Schwierigkeit bey den Verſuchen des Düc de Chaulnes machet, iſt, zu erklären, wie das Anlaufen der Vorderfläche die Farben ſo viel lebhafter, und die Anzahl der Ringe größer machen konnte. Er ſtellete ſich vor, erſtlich, daß dadurch ein Theil des Lichtes, welches von der Vorderfläche ſonſt zurücke geworfen wäre, und den Glanz der Ringe geſchwächet haben würde, zerſtreuet ſey; zweytens, daß durch die Waſſertheilchen, durch die Milchkügelchen, oder auf eine andere ähnliche Art, eine größere Anzahl regelmäßiger Zwiſchenräumchen entſtanden ſeyn möge [i]).

Sechſter Abſchnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen die Beugung des Lichtes betreffend.

Dieſelbe Kraft, vermöge welcher das auf Körper wirklich fallende Licht entweder zurückgeworfen oder hineinwärts gebrochen wird, äußert ihre Wirkung auch an dem ſehr nahe bey Körpern vorbey gehenden Lichte, indem einige Strahlen dadurch

i) Mem. de l'Acad. de Paris, 1755. p. 201 ſeqq.

dadurch von dem Körper abwärts, wie bey der Zurückwerfung, andere nach dem Körper hin, wie bisweilen bey der Brechung, gebogen werden. Newtons Versuche beziehen sich auf beyde Arten der Beugung; und hätte er seine Untersuchungen darüber, so wie er es sich vorgenommen zu haben scheint, fortgesetzet, so würde er vermuthlich ihre vereinten Wirkungen bemerket und verglichen haben. Da sie aber abgebrochen sind, so muß man denjenigen scharfsinnigen Ausländern Dank wissen, die über die Beugung des Lichtes Versuche angestellet haben, durch deren Vergleichung mit den Newtonianischen Versuchen, wenn man sie dabey in einigen Umständen noch ein wenig veränderte, die Sache ziemlich scheint ins Licht gesetzet werden zu können.

Maraldis Versuche von der Beugung des Lichtes.

Der erste, der nach Newton die Beugung des Lichtes zu untersuchen vornahm, ist **Maraldi**, dessen Versuche sich hauptsächlich auf die Beugung des Lichtes nach den Körpern hin beziehen. Seine Beobachtungen verdienen es wohl, dem Leser vorgeleget zu werden [a]).

An hölzernen Cylindern.

Er hielt einen 3 Fuß langen, und $6\frac{1}{2}$ Linien dicken hölzernen Cylinder in das Sonnenlicht, und fieng mit einem Papiere ganz nahe an demselben dessen Schatten auf. Dieser war allenthalben gleich schwarz und wohl begränzet, blieb auch so bis auf eine Entfernung von 23 Zoll von dem Cylinder. In einer größern Entfernung ward der Schatten ungleich schwarz; denn an seinen beyden mit der Länge des Cylinders parallelen Seiten entstanden zwey, etwas über eine Linie breite, schwarze Striche. Zwischen diesen schwarzen Strichen zeigete sich ein schwaches über dem Schatten gleichförmig verbreitetes Licht, eine Art von gleichförmigen Halbschatten, der weit heller als die schwarzen Streifen an den Rändern des Schattens, oder als derjenige Schatten war, wie er nahe an dem Papiere erschien. Eine Abzeichnung liefert die fig. 80.

fig. 80.

In einer noch größern Entfernung des Papieres von dem Cylinder behielten die beyden schwarzen Striche fast dieselbe Breite und gleichen Grad der Schwärze, aber der Halbschatten zwischen ihnen ward heller und schmäler, bis daß in einer Entfernung von 60 Zoll er ganz verschwand, und die beyden schwarzen Striche an der Gränze des Schattens in einander fielen. In einer noch größern Entfernung zeigete sich wieder ein schwacher, aber undeutlich begränzter Halbschatten, dessen Breite mit der Entfernung vom Cylinder zunahm, und der noch in einer großen Weite merklich war.

Neben dem tiefschwarzen Schatten, wie er sich zeigete, wenn das Papier dem Cylinder nahe war, war noch auswärts ein schwacher schmaler Halbschatten zu sehen. Und an den äußern Seiten desselben lief ein lichter Strich herunter, der heller als der übrige Theil des Papieres erleuchtet war.

Dieser äußere Halbschatten ward breiter, wenn das Papier weiter abgerücket ward; der helle Strich an der Außenseite ward alsdenn auch breiter, verlohr aber am Glanze.

Diese

a) Mem. de l'Acad. de Paris, 1723. p. 157. suiv.

Dieſe Verſuche wiederholete Maraldi mit drey andern Cylindern von verſchiedener Dicke, und folgerte daraus, daß jeder undurchſichtige cylindriſche Körper, in das Sonnenlicht gehalten, einen ungemiſchten ſchwarzen Schatten bis auf eine Entfernung wirft, die 38 bis 45 mal ſeine Dicke enthält, worauf in noch größern Weiten der Schatten in der Mitte helle zu werden anfängt, wie es erſt beſchrieben iſt.

Seine Erklärung.

Zur Erklärung dieſer Erſcheinungen nimmt unſer Verfaſſer an, daß die nahe bey dem Körper vorbeyfahrenden Strahlen nach demſelben hin gebogen werden, und ſo in einer gewiſſen Entfernung des Schattens ihn erleuchten, den Rand ausgenommen, der ſo bleibt, wie er war. Einige Strahlen werden aber auch von dem Körper abwärts gebogen, und dieſe ſind es, welche das Licht außen an dem Schatten hervorbringen, ſo wie ſie auch zur allmähligen Abnahme deſſelben etwas beytragen mögen; wiewohl dieſe hauptſächlich daher bekanntermaßen entſteht, daß auf den Halbſchatten nur von einem Theile der Sonnenſcheibe Licht fällt.

Verſuche mit Kugeln.

Eben dieſe Verſuche ſtellete er auch mit Kugeln von allerhand Durchmeſſern an, fand aber, daß bey dieſen der Schatten in einer größern Weite als ihr Durchmeſſer funfzehnmal genommen, nicht mehr völlig ſchwarz zu ſehen war, da die Cylinder um 41 mal ihren Durchmeſſer hatten entfernet werden müſſen. Er erklärete dies daher, daß das Licht rings um die ganze Kugel herum, und folglich in einer ſolchen Menge gebogen wird, daß der Schatten daher eher als bey den Cylindern ſich zertheilet. Uebrigens zeigte ſich in allen Fällen der von dem gebogenen Lichte erleuchtete Halbſchatten deſto eher, je ſtärker das Sonnenlicht war, weil alsdenn mehr Licht dahin gebogen ward.

Ob durch die Beugung Licht auf den ganz verfinſterten Mond fällt.

Durch die Vergleichung der Umſtände bey dieſen Verſuchen, und der Erſcheinungen des Mondes in Finſterniſſen, gerieth er auf den Gedanken, daß ein Theil des Lichtes, welches den Mond alsdenn ſichtbar machet, gebogenes Licht ſeyn möge, obgleich das durch die Atmoſphäre gebrochene ſo ſtark ſeyn mag, daß einige der oben erzählten, von dem gebogenen Lichte ganz allein verurſachten Erſcheinungen dadurch völlig unmerklich gemachet werden. Aber Maraldi ſollte bedacht haben, daß weil kein Licht gebogen wird, das nicht ſehr nahe an dem Körper, vielleicht nur $\frac{1}{40}$ eines Zolles weit b), vorbeyfährt, die Urſache viel zu klein gegen die hervorzubringende Wirkung iſt.

Verſuche von der Beugung im dunkeln Zimmer.

Da er ſolchergeſtalt die Wirkungen der Beugung des Lichtes in freyem Sonnenlichte geſehen hatte, ward er dadurch bewogen, die Grimaldiſchen und Newtonianiſchen in einem verfinſterten Zimmer angeſtellten Verſuche zu wiederholen. Dabey ſahe er nicht allein den breitern Schatten eines Haares oder einer feinen Nadel, den hellen Lichtſchein an den Seiten des Schattens, und die drey farbichten Streifen an dieſem Lichtſcheine, wenn der Schatten beträchtlich weit von dem Haare entfernet war, ſondern auch, daß der ſchwarze Hauptſchatten in der Mitte etwas Licht enthielt, und nicht gleichförmig ſchwarz war, wenn man ihn nicht ſehr nahe bey dem Körper auffieng.

Man

b) Soll etwa $\frac{1}{100}$ Zoll heißen. B.

Man ſieht, daß dieſe neue Erſcheinung genau mit denjenigen übereinkömmt, die unſer Verfaſſer in freyem Sonnenlichte beobachtet hatte; folgende Beobachtungen ſind aber doch noch merkwürdiger, wenn ſie gleich mit jenen von einerley Art ſind.

Er ſtellete in einem verfinſterten Zimmer, in welches ein Sonnenſtrahl durch ein kleines Loch fiel, neun Fuß von dieſem Loche eine Schweinsborſte, deren Schatten er in einer Weite von fünf bis ſechs Fuß auffieng. Dieſer beſtand aus verſchiedenen hellen und dunkeln Strichen, hatte in der Mitte einen ſchwachen Schatten, oder vielmehr eine Art von Halbſchatten, an welchen ein ſchwärzerer Schatten gränzte, auf den zuerſt ein ſchmälerer Halbſchatten und darauf ein heller Strich, breiter als der ſchwarze Schatten folgete. Auf dieſen hellen Strich folgeten die roth, violet und blau gefärbten, wie an dem Schatten eines Haares.

Dergleichen Verſuche ſtellete er auch mit allerhand Nadeln an, wobey ſich ſo mancherley Erſcheinungen zeigeten, daß er es zu weitläuftig fand, ſie einzeln zu erzählen, ſondern dafür die mit zwey Platten gemachten Erfahrungen, die zur Erklärung der mit runden Körpern gemachten Verſuche dienen, umſtändlicher vorträgt.

Beugung an ſchmalen Platten.

In den Sonnenſtrahl, der in ein verfinſtertes Zimmer durch ein kleines Loch fiel, hielt er eine Platte, die zween Zoll lang, und ein wenig über eine halbe Linie breit war, in einer Entfernung von neun Fuß von dem Loche, ſenkrecht auf die Sonnenſtrahlen. Da der Schatten ſehr nahe bey den Platten aufgefangen ward, zeigete ſich ein ſchwaches Licht auf demſelben zerſtreuet; und in einer Weite von drittehalb Fuß zertheilete ſich der Schatten in vier ſehr ſchmale ſchwarze Streifen, mit eben ſo ſchmalen hellen Zwiſchenräumen. Der Schatten hatte auf jeder Seite einen Halbſchatten, mit einem ſehr hellen Rande, worauf die roth, violet und blaugefärbten Striche, wie vorher, folgeten, wie man fig. 81 abgebildet ſieht. fig. 81.

In einer Weite von $4\frac{1}{2}$ Fuß von der Platte theilete ſich der Schatten bloß in zween Streifen, weil die beyden äußerſten verſchwunden waren, dagegen waren die beyden übrig gebliebenen breiter als vorher, und durch einen zweymal ſo breiten hellen Schatten, als in dem vorhergehenden Falle, von einander abgeſondert. Dieſer in der Mitte liegende Halbſchatten war ein wenig röthlich. Auf die beyden ſchwarzen Streifen folgete ein ziemlich ſtarker Halbſchatten, der von den zween hellen Streifen begränzet war, die nun breit und glänzend waren, nach welchen ferner die farbichten Striche kamen. fig. 82.

Eine zwote Platte, die zween Zoll lang, eine Linie breit war, wurde von dem Loche, wodurch die Sonnenſtrahlen fielen, 14 Fuß, entfernet. Ihr Schatten war nahe bey der Platte von einem ſchwachen, gleichförmig zerſtreueten Lichte erleuchtet, wie in jenem Falle. Aber in einer Entfernung von 13 Fuß von der Platte fiengen ſechs kleine ſchwarze Streifen an ſich zu zeigen, wie in fig. 83. Siebenzehn Fuß weit wurden dieſe ſchwarzen Streifen breiter, deutlicher, und von den andern zwiſchen ihnen liegenden nicht ſo ſchwarzen Streifen beſſer abgeſondert. In einer Weite von 42 Fuß von der Platte blieben nur zween ſchwarze Streifen zwiſchen einem fig. 83.

nem Halbſchatten. (fig. 84.) Der Halbſchatten zwiſchen ihnen war röthlich. Auf den äußern Halbſchatten folgten allemal auf jeder Seite die Lichtſtreifen, die breit waren, nebſt den bunten Strichen. In einer Weite von 72 Fuß zeigete ſich weiter kein Unterſchied, als daß die beyden ſchwarzen Streifen breiter waren; desgleichen war auch der Halbſchatten zwiſchen ihnen breiter und röthlicher als vorher. fig. 84.

Als er breitere Platten, von $1\frac{1}{2}$, 2, 3 Linien Breite, nahm, konnte er in ihren Schatten die ſchwachen Lichtſtreifen nicht entdecken, die er an den Schatten jener ſchmälern Platten wahrgenommen hatte, ob er gleich dieſe Schatten in einer Weite von 56 Fuß auffieng; ſondern es war nur ein ſchwaches, gleichförmig verbreitetes Licht zu ſehen, wie an dem Schatten der ſchmalen Platten, wenn er nahe an ihnen aufgefangen ward. Er zweifelt aber nicht, wenn man ein hinlänglich großes dunkles Zimmer hätte, daß man an den Schatten der breitern Platten eben daſſelbe wahrnehmen würde, was man an den Schatten der ſchmäleſten ſieht.

Die Lichtſtreifen in dieſen Schatten leitet unſer Verfaſſer von den Strahlen her, die in verſchiedenen Entfernungen von dem Körper gebogen werden, und glaubet, daß das Kreuzen derſelben mit einander alle die Abwechſelungen in verſchiedenen Entfernungen zu erklären hinlänglich ſey. Die außerordentliche Größe des Schattens dieſer kleinen Körper entſteht nach ihm von dem Schatten, der zu dem Lichte des Himmels gehöret, und noch außer dem Sonnenſchatten vorhanden iſt; dabey nimmt er auch noch einen Wirbel des gebogenen Lichtes hinter dem ſchattenden Körper an, wie die Wirbel des Waſſers hinter einem Brückenpfeiler. Allein man wird wohl ſo wenig verlangen, daß ich alle ſeine Gründe anführen, als daß ich ſie widerlegen ſoll. Erklärung derſelben.

Maraldi hatte auch den Einfall, zween lange dünne Körper kreuzweiſe über einander in den Sonnenſtrahl in einem verfinſterten Zimmer zu halten. Die Schatten zweyer ſo gelegter Haare, welche er in einiger Entfernung auffieng, ſchienen einer über dem andern gemalet zu ſeyn, ſo daß der dunkle Theil des einen auf dem dunkeln Theile des andern zu ſehen war. Die hellen Streifen ſowohl als die bunten, macheten es eben ſo. Er hielt eine Schweinsborſte und eine eiſerne eine Linie breite Platte kreuzweiſe über einander, und es liefen von der Seite, wo die ſpitzen Durchſchneidungswinkel waren, die hellen und dunkeln Streifen des Schattens von der Borſte bis mitten in den Schatten der Platte nach der Breite hinein; aber von der Seite der ſtumpfen Winkel konnte man nicht ſehen, daß ſie hineinliefen, es mochte nun die Platte oder die Borſte vorne nach den Strahlen hin liegen. Die Platte machete einen ziemlich ſchwarzen Schatten, mit ſechs dunkeln Streifen und fünf hellern dazwiſchen, ſo daß man auf dieſem Schatten alle hellen und dunkeln Theile des Schattens von der Borſte ganz deutlich erkennen konnte. Maraldi glaubet, aber unwahrſcheinlicher Weiſe, daß die Strahlen längſt der Borſte herunter gleiten, und etwas von dem Raume hinter der Platte erleuchten. Noch andere Verſuche dieſer Art. fig. 85.

Er hielt auch Kugeln in das Sonnenlicht in ſeinem verfinſterten Zimmer, und ſahe wiederum in ihrem Schatten in der Mitte einen hellen Kreis, um denſelben zween ſchwarze Ringe, mit einem Halbſchatten dazwiſchen, um dieſe einen hellen

Ring, und darauf die drey bunten Linien. Offenbar hatten die Schatten der Kugeln mehr Licht als die von Cylindern, nicht allein, wenn sie gleiche Durchmesser hatten, sondern wenn auch die Kugel dicker als der Cylinder war. Da er auch keine Scheidung des Lichtes und des Schattens an den Schatten solcher Platten, die etwas über eine Linie breit waren, hatte bemerken können, wenn er sie gleich 72 Fuß weit von der Platte aufgefangen hatte, so konnte er doch in dieser Weite an den Schatten solcher Kugeln, die noch über 2 Linien breit waren, eine Verschiedenheit der Schwärze erkennen.

Er stellete auch, in der Absicht, die Farben an dem Rande der Schatten zu erklären, Versuche an, in welchen er mehrere Schatten in einander hineinfallen ließ. Wenn solchergestalt einerley Farben auf einander fielen, so wurden sie lebhafter; fiel der helle Streifen in dem Schatten einer Nadel auf den äußern Halbschatten einer andern Nadel, so entstund ein schönes Himmelblau; fiel er aber auf den dunklern Schatten in der Mitte, so entstund eine rothe Farbe.

Er stellete zwo eiserne Platten, drey oder vier Linien breit, sehr nahe an einander in das Sonnenlicht. Zwischen ihren Schatten, in einer Weite von 25 Fuß von den Platten, war kein Licht, sondern die Schatten liefen zusammen; es zeigeten sich aber in ihrer Mitte vier lebhafte purpurfärbige Striche, die mit einander parallel und durch schwarze Striche abgesondert waren. Zwischen den purpurnen und schwarzen Strichen waren noch blaßgrüne und blaßgelbe Striche enthalten.

Beugung mit der Zurückwerfung verbunden.

Zum Schlusse erzählet unser Verfasser einen Versuch, den er den Grimaldi abgeborget hat. Er ließ in ein verfinstertes Zimmer durch eine Oeffnung von der Weite eines halben Zolles einen Sonnenstrahl fallen, in welchen er etwa 8 Fuß weit von der Oeffnung einen hölzernen oder kupfernen Cylinder, von der Dicke eines Zolles solchergestalt hielt, daß bloß ein Theil des Lichtes darauf fiel. In dieser Lage des Cylinders entstand eine Zurückwerfung des Lichtes, welches sich in einen Halbkreis ausbreitete, dessen Mittelpunct auf der Stelle des Cylinders lag, wo das Bild der Sonne hinfiel. Wie er dieses zurückgeworfene Licht auf einem weißen Papiere auffieng, enthielt es eine Menge sehr schöner und lebhafter Farben, als roth, violet, gelb, blau und grün, daß das Papier wie marmoriret aussah. Es mußte aber das Licht in einiger Entfernung von dem Bilde der Sonne aufgefangen werden.

Mairans Erklärung der Beugung.

Ferner gehöret unter diejenigen, die sich mit der Beugung des Lichtes beschäfftiget haben, auch der scharfsinnige de Mairan, der aber, ohne neue Erscheinungen aufzusuchen, sich begnügte, die alten zu erklären, und zwar vermittelst einer Atmosphäre, die alle Körper umgeben soll, dadurch also zwo Zurückwerfungen und zwo Brechungen entstehen, eine an der Oberfläche der Atmosphäre, die andere an dem Körper selbst. Die Dichte und brechende Kraft dieser Atmosphäre nahm er für veränderlich an, wie man sie an der Luft wahrnimmt.

Du Tours Erklärung und Versuche.

Auf de Mairan folgete du Tour, der auch eine solche Atmosphäre annahm, aber nicht für nöthig hielt, sie ungleich dichte zu machen. Ihre brechende Kraft sollte geringer als diejenige der Luft seyn. Allein das, wofür man ihm Dank wis-

sen

ſen muß, iſt nicht ſeine Hypotheſe, ſondern die mancherley Abänderungen ſeiner Verſuche, wodurch er es andern leichter gemachet hat, die wahre Urſache dieſer Erſcheinungen zu erforſchen.

Man hatte ſonſt an dem gebogenen Lichte nur drey farbichte Säume bemerket; aber du Tour bemerkete zufälliger Weiſe weit mehr, und erdachte folgende ſinnreiche Art, ſie alle deutlich darzuſtellen. Er nahm ein kreisrundes Brett ABED, 13 Zoll fig. 86. im Durchmeſſer, das ſchwarz angemalet war, ausgenommen am Rande, wo ein Ring von weißem Papiere ſich befand, der von A auf jeder Seite nach E hin in 180 Grade eingetheilet war. Um das Brett war ein Streifen Pergament, wie ein Reifen, befeſtiget, mit einem viereckichten, 4 oder 5 Linien breiten Loche bey E, um einen Sonnenſtrahl dadurch fallen zu laſſen. In dem Mittelpuncte wurde ſenkrecht auf das Brett eine Nadel, etwa $\frac{1}{3}$ Linie dick, geſtecket. Der Lichtſtrahl ward durch einen ſenkrechten Einſchnitt, $2\frac{1}{2}$ Linien lang, und etwa ſo weit, als die Nadel dicke war, ins Zimmer gelaſſen, gieng durch das Loch bey E parallel mit der Fläche des Brettes, und warf das Bild der Sonne nebſt dem Schatten der Nadel, bey A auf den pergamentnen Reifen.

Was er hierauf wahrnahm, iſt folgendes: 1. rings auf der ganzen vertieften Oberfläche des Reifens zeigeten ſich viele farbichte Streifen, aber der Raum mAn, etwa 18 Grad groß, in deſſen Mitte das Bild der Sonne lag, war bloß mit einem ſchwachen Lichte erfüllet. 2. Die Ordnung der Farben an dieſen Streifen war mehrentheils dieſe, daß die brechbarſten Strahlen dem einfallenden ECA zunächſt lagen; oder daß von A an gerechnet, das Violet in den Streifen den Anfang, und Roth den Beſchluß machete, einige ausgenommen, in welchen dieſe Folge umgekehret war. 3. Der Schatten der Nadel war mit zween Lichtſtreifen begränzet. 4. Die farbichten Streifen waren an einigen Stellen des Reifens ſchmäler als an andern, und wurden überhaupt ſchmäler, je weiter ſie von A ab lagen. 5. Zwiſchen dieſen farbichten Streifen befanden ſich bisweilen einige weiße, eine oder anderthalb Linien breit, die allemal auf beyden Seiten von einem orangenfärbigen Striche begränzet waren, wenigſtens, wenn das Sonnenlicht ſtark genug, und das Zimmer hinlänglich dunkel war.

Aus dieſem Verſuche, glaubet er, erhelle klar, daß die Strahlen, welche die Nadel vorbeygehen, nicht die einzigen ſind, welche ſich in Farben zertheilen, weil auch die zurückgeworfenen in Farben zerſpaltet werden, und daher eine Brechung müſſen gelitten haben *) Er glaubet auch, daß die vorbeyfahrenden eine Zurückwerfung leiden, und daß alſo alle Strahlen gleichmäßige Veränderungen erfahren. Darum nimmt er, wie ſchon geſaget, eine kleine Atmoſphäre von gleichförmiger Dichte und geringerer brechenden Kraft als die Luft, an. Die farbichten Streifen nächſt dem Schatten der Nadel werden, ſeiner Meynung nach, von denjenigen Strahlen hervorgebracht, die zwar in die kleine Atmoſphäre des Körpers Folgerungen daraus.

*) Es könnten die farbichten Streifen nach E hin auch von zurückgeworfenen Lichte, das von den Streifen bey A herum kömmt, entſtehen. B.

kommen, aber auf die Nadel nicht fallen, und daher, ohne Zurückwerfung, nur beym Eingange und Ausgange gebrochen werden. Er zeiget, daß solchergestalt die farbichten Streifen nach dem Schatten hin breiter, und weiter von demselben schmäler werden müssen; denn diejenigen, welche hievon eine Ausnahme macheten, veränderten durchs Umdrehen der Nadel ihre Stelle, zum Beweise, daß diese Abweichung von gewissen zufälligen Umständen an der Oberfläche der Nadel herrühren mußte. Dergleichen Umständen schreibt er auch die lichten Striche zwischen den gefärbten zu, weil sie bey Umdrehung der Nadel ihre Stellen veränderten.

Hr. **du Tour** bemerket, daß seine Hypothese mit einer vom **Newton** gemachten Wahrnehmung nicht übereinstimme, nach welcher die an dem Körper zunächst vorbeyfahrenden Strahlen am meisten gebogen werden; glaubet aber, daß Newtons Beobachtung unrichtig seyn möge, besonders da er selbst saget, es sey ihm so vorgekommen, und es also nicht zuverläßig behauptet.

Beugung zwischen zwey Blättern Papier.

Da er in einen Lichtstrahl zwey Stücke Papier dergestalt hielt, daß ein Theil des Strahles zwischen ihren Ebenen durchgieng, nahm er an dem Rande des durchgegangenen Lichtes, das er auf einem Papiere auffieng, zween orangenfärbige Streifen wahr, deren Newton in seinen Versuchen nicht erwähnet. Er erkläret dies daher, daß die brechbarsten Strahlen bey dem Eintritte in die Atmosphäre des Papieres so gebrochen werden, daß sie neben dem Rande desselben vorbeygehen, dagegen die am wenigsten brechbaren auf den Rand fallen, und von da zur Seite über jene brechbarsten Strahlen hinaus zurückgeworfen werden. Auf eben diese Weise erkläret er auch die orangenfärbigen Säume an den lichten Strichen in dem obigen Versuche mit dem pergamentnen Reifen.

Wie das an der Schärfe eines Körpers vorbeygehende Licht sich zertheile.

Zur Erklärung einer andern Wahrnehmung, die mit einer vom Newton gemachten Beobachtung übereinstimmet, daß nämlich das an der Ecke eines Körpers vorbeygehende Licht in zween Ströme getheilet wird, nimmt er an, daß ein Theil des Lichtes von der Ecke des Körpers selbst, der andere von der inwendigen Fläche der Atmosphäre desselben zurückgeworfen wird, daher sich die Strahlen einander kreuzen müssen, wie es in fig. 87. abgebildet ist. Er fand auch, wie er außerhalb seines verfinsterten Zimmers Körper hinstellete, daß die Strahlen P d, P e von der Seite a P des einfallenden Lichtes, so wie die Strahlen r f, r g von der Seite b r desselben herkamen.

fig. 87.

Ausdehnung des Sonnenbildes durch die Beugung.

Endlich bemerkete er auch noch, daß, wenn er durch ein Stück Papier die Oeffnung in dem Fensterladen sehr schmal machte, das Bild der Sonne von dem durchfallenden Lichte sich sehr in die Länge ausdehnete, und zuerst von einem orangefärbigen Streifen, darauf von den bunten Streifen, wie sie sonst sich zu zeigen pflegen, und endlich von einem schwachen Lichtscheine begränzet war, der immer schwächer ward, so wie er sich von dem Bilde entfernete. Diese Erscheinung erkläret er daher, daß die Atmosphäre des Papieres und des Holzes, wenn sie an einander rücken, zusammengedrücket, und dadurch flächer werden, weswegen die Strahlen, die alsdenn schiefer als vorher auffallen, von ihrem Wege mehr abgelenket werden, als sonst geschehen seyn würde. Allein es wird wohl nicht nöthig

seyn,

ſeyn, eine Zuſammendrückung der Atmoſsphäre anzunehmen. Denn wenn Atmoſsphären Wirkungsräume gewiſſer Kräfte ſind, ſo werden dieſe, wo ſie in einander laufen, ihre Wirkungen verſtärken oder ſchwächen, nachdem ſie mit einander übereinſtimmen, oder ſich entgegen ſind [d]).

Le Cat erkläret eine ſcheinbare Vergrößerung eines Gegenſtandes, die unter gewiſſen Umſtänden vorgeht, ſehr wohl aus der Beugung der Strahlen. Da er einen entfernten Thurm betrachtete, und zugleich einen Drath, deſſen Dicke geringer als der Durchmeſſer der Pupille war, in einer kleinen Entfernung vom Auge, zwiſchen dem Gegenſtande und dem Auge hin und her bewegete, fand er: daß ſo oft der Drath vor die Pupille kam, der Thurm ſeine Stelle zu verändern ſchien, und daß einige Hügel jenſeits des Thurmes eben ſo ſich zu bewegen ſchienen, nicht anders als wenn er ein Linſenglas zwiſchen ſeinem Auge und ihnen hin und her geführet hätte. Vergrößerung durch die Beugung.

Bey näherer Unterſuchung dieſer Sache fand er, daß es eine gewiſſe Entfernung des Drathes vom Auge gab, die aber ſchwer zu behalten war, bey welcher der Thurm keine Bewegung zu haben ſchien, wenn er den Drath vor ſeinem Auge vorbey führete, und in dieſem Falle ſchien der Thurm weniger deutlich und dabey vergrößert. Weil dieſe Umſtände ſo wie bey einem Linſenglaſe ſind, gab er insbeſondere Acht auf ſie, und ſtellete ſein Auge ſolchergeſtalt, in Abſicht auf den Thurm, daß die Lichtſtrahlen, welche von ihm ins Auge kamen, ſehr nahe an dem Rande eines Fenſters, an welches er ſich bey dieſer Beobachtung geſtellet hatte, vorbeygehen mußten. Wie er den Drath noch einmal vor ſeinem Auge vorbeyführete, bemerkete er, daß, wenn er in der Sehearе war, der Thurm dem Fenſter näher ſchien, von welcher Seite er auch den Drath hergeführet hatte. Er wiederholete den Verſuch, immer mit demſelben Erfolge, daß der Thurm vergrößert und faſt doppelt ſo groß ſchien [e]).

Dieſe Erſcheinung wird vermittelſt der fig. 88. leicht erkläret. Es iſt daſelbſt B das Auge, A der Thurm und C der Durchſchnitt des Drathes. Die ausgezogenen Linien ſtellen die Lichtſtrahlen vor, durch welche das Bild des Thurmes ohne den Drath im Auge entworfen wird, welches viel kleiner als der Durchmeſſer des Drathes iſt; die punctirten Linien aber ſchließen nicht allein den Lichtkegel ein, der durch den Drath aufgefangen wird, ſondern auch die entferntern Strahlen, die von dem Drathe gebogen, und mehr convergirend ins Auge geſchicket werden, eben ſo als wenn eine Linſe zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtande gehalten wäre. fig. 88.

Dieſe Wahrnehmung von der Wirkung der Beugung des Lichtes brachte ihn auf die Entdeckung verſchiedener anderer von eben dieſer Urſache abhängender Ereigniſſe. So vergrößerte er kleine Dinge, als einen Nadelknopf, wenn er ſie durch ein kleines in eine Karte geſtochenes Loch betrachtete, und die Strahlen von dieſen Gegenſtänden ſo nahe an dem Umfange des Loches vorbey giengen, daß ſie davon angezogen wurden. Desgleichen bemerkete er auch, wenn er ſeinen Finger nahe an Andere von der Benennung verurſachte Erſcheinungen.

d) Memoir. preſentés, vól. 5. p. 636 ſuiv. e) Traité des ſens, p. 299.

an den Lichtkegel brachte, der in sein Auge von einem Gegenstande fiel, welcher sich von den umliegenden wohl unterschied, als von einer glühenden Kohle mitten in der Asche, oder von einer todten Kohle mitten im Feuer, daß alsdenn der Gegenstand nach seinem Finger hin sich auszustrecken schien, wenn dieser hinzugeführet ward, und ihm bis auf eine gewisse Weite zu folgen, wenn er weggezogen ward. Eben dieser Ursache schrieb er es zu, daß, wenn Wolken über die Sonne weg gehen, die Schatten der Körper sich auf allerhand Art bewegen, und zu tanzen scheinen, wenn die Wolken an mehrerern Stellen durchgebrochen sind, wie man dieses besonders an dem Schatten des Fensterbleyes wahrnehmen kann. Eben dieser Beugung des Lichtes schrieb er auch zum Theil die prismatischen Farben zu, welche er vermittelst einer feinen, hart ans Auge gehaltenen Nadel erblickete, wenn er die Strahlen einer Lichtflamme schief darauf fallen ließ *f*).

Zum Beschlusse führe ich noch eine Wahrnehmung **Musschenbroeks** an, daß, wenn man des Nachts einen metallenen Drath oder eine feine Nadel zwischen das Auge und eine Lichtflamme hält, und sie hin und her vom Auge zum Lichte beweget, dieser Drath in einer gewissen Stelle durchsichtig und röthlich scheinen wird. Musschenbroek erkläret es aus der Beugung des Lichtes an dem Drathe *g*). Allein es ist leicht möglich, daß es nur eine Art von Schatten ist, welchen die Nadel auf das Auge wirft.

Zusatz des Uebersetzers.

Eine Beobachtung von der Beugung des Lichtes mit der Brechung verbunden.

Man halte ein Brett, worauf man ein paar Stecknadeln befestiget hat, senkrecht in ein Gefäß mit Wasser, dergestalt, daß die obere der Nadeln die Oberfläche des Wassers berühre. Darauf bringe man das Auge mit dieser Nadel und dem Bilde der untern in eine gerade Linie, so wird dieses Bild gespalten erscheinen. Hält man das Auge etwas von dem Brette abwärts, so erscheint das Bild wie eine Gabel, deren Zacken weit feiner sind, als der Stiel oder als das Bild der Nadel in einer andern Lage des Auges ist. Wo die Zacken sich krümmen, und in den Stiel zusammen laufen, welches neben dem Knopfe der obern Nadel geschieht, erscheint ein feiner hellrother Strich auswärts. Beweget man das Auge nach dem Brette hin, daß der Kopf der untern Nadel dem Kopfe der obern Nadel sich nähert, so verliehrt sich der Stiel der Gabel, und die beyden Zacken laufen oben in einem halben Kreise zusammen, der roth und andere Farben spielet. Die scheinbare Entfernung des gespaltenen Bildes von der obern Nadel schien mir eine gute Linie groß. Sobald man die obere Nadel das Wasser nicht berühren

f) Traité des sens, p. 304. *g*) Introd. vol. 2. p. 779.

rühren läßt, fallen alle diese Erscheinungen weg. Das Bild wird, wie eine wirkliche Nadel von der obern bedecket, wenn man das Auge mit ihnen in die gerade Linie bringt.

Diese Erscheinungen haben offenbar ihren Grund in der Beugung des Lichtes. Da ich nicht gefunden habe, daß man schon die vereinten Wirkungen der Beugung und Brechung bemerket hätte, so hielt ich es nicht für überflüßig, diesen Versuch zu erzählen. Man könnte ihn noch verändern, wenn man anstatt der obern Nadel einen dünnen Körper von einer andern Figur, als eine feine Messerschneide mit sägenförmigen Einschnitten, oder wie man sonst eine bequeme Gestalt erdenken will, nähme. Vielleicht ist diese Erscheinung auch einer mathematischen Berechnung fähig.

Siebenter Abschnitt.

Vergleichung der Stärke des Lichtes.

Die mancherley sinnreichen Methoden, welche von den Naturforschern zur Vergleichung der Stärke des Lichtes, seit Newtons Zeiten gebrauchet worden, sind so zahlreich, daß sie einen besondern Abschnitt verdienen. Daß einige leuchtende Körper stärker, andere schwächer glänzen, und daß einige Körper mehr Licht als andere zurückwerfen, hat man von jeher gewußt; aber niemand gab eine, nur einigermaßen zuverläßige Methode an, das Verhältniß der Stärke verschiedener Lichter zu messen, bis Bouguer zu diesem Ende einige sehr schickliche Vorrichtungen ersann, vermittelst deren er manche wichtige physikalische Entdeckungen machte, die größtentheils schon oben erzählet sind. Weil seine hieher gehörigen Beobachtungen das wichtigste dieses Abschnittes ausmachen, so will ich mit der Beschreibung seiner Anstalten, das Verhältniß der Stärke verschiedener Lichter zu messen, anfangen.

Bouguers Vorrichtungen zur Messung des Lichtes.

Er nahm zwey Stücke Holz oder Pappe, EC und CD, mit zwey gleich großen Löchern, P und Q, welche er mit geöltem oder weißem Papiere überzog. Auf diese Löcher ließ er das Licht derer Körper, die er mit einander vergleichen wollte, fallen, stellete aber noch ein drittes Stück Holz oder Pappe FC dazwischen, um zu verhindern, daß beyde Lichter sich nicht mit einander vermischen sollten. Alsdenn stellete er sich auf der einen oder der andern Seite seines Werkzeuges, gewöhnlich aber auf der, welche dem Lichte entgegengesetzet war, und veränderte die Stellung der leuchtenden Körper so lange, bis die Papiere in beyden Löchern gleich helle erleuchtet schienen. Darauf berechnete er aus dem Verhältnisse der Quadrate ihrer Entfernungen von dem Papiere das Verhältniß der Stärke. War das Licht eines Körpers zu schwach, bedienete er sich auch Linsengläser es zu verstärken, und schloß diese in Röhren ein oder nicht, nachdem es jedesmal seine Absicht erfoderte. fig. 89.

Die Stärke des Lichtes zu messen, welches uns die himmlischen Körper, oder eine gewisse Stelle des Lufthimmels zusenden, erdachte er eine Art von tragbarer Camera obscura. Zwo inwendig angeschwärzte Röhren, AC und EC waren zu fig. 90.

unterſt bey C durch ein Gewinde verbunden. Unten an dieſen Röhren waren zwey Löcher, R und S, drey bis vier Linien weit, die mit zwey Stücken feinen weißen Papieres bedecket waren. An dem andern Ende jeder Röhre war eine kreisrunde Oeffnung, einen Zoll weit; und eine der Röhren beſtand aus zwey Stücken, wovon das eine herausgezogen werden konnte, welches eben den Dienſt that, als wenn die Weite der Oeffnung wäre verändert worden. Bey dem Gebrauche dieſes Werkzeuges hat der Beobachter ſeinen Kopf und das Ende bey C ſo bedecket, daß kein Licht in ſein Auge als nur durch die Löcher bey R und S kommen kann, wobey ein Gehülfe das Werkzeug richtet, und die Röhre DE nach der Angabe des Beobachters verlängert oder verkürzet. Sind beyde Löcher dem Augenmaaße nach gleich helle, ſo verhält ſich die Stärke des darauf fallenden Lichtes umgekehrt wie die Quadrate der Längen der Röhren.

Es muß, wenn man dieſes Werkzeug brauchen will, jeder der Gegenſtände, deren Licht in die Röhren fällt, unter einem beträchtlich größern Winkel, als die
fig. 91. Oeffnungen A und D, bey C geſehen werden; ſonſt hilft das Ausziehen nichts. Damit er in dieſem Falle, wenn die Gegenſtände zu klein waren, nicht nöthig hätte, das Werkzeug gar zu groß, oder die Oeffnung D zu klein zu machen, ſo bedienete er ſich eines andern Werkzeuges, das aus zwoen Röhren beſteht, die ſechs, bisweilen zehen bis zwölf Fuß lang ſind, und an den Enden AE, DF zwey völlig gleiche Objectivgläſer führen, deren Brennpuncte auf das andere Ende B jeder Röhre fallen. Hier ſind zwey Löcher, jedes drey oder vier Linien weit, die mit weißem Pa-
fig. 92. piere oder einem mattgeſchliffenen Glaſe bedecket ſind. Uebrigens wird dieſes Werkzeug völlig ſo, wie das vorige, gebrauchet. Sind die beyden zu vergleichenden Lichter nicht von einerley Stärke, ſo muß das Licht, welches von ihnen auf das Papier bey B fällt, durch die Verminderung der Oeffnung an dem einen Objectivglaſe einander gleich gemachet werden. Dieſes muß aber auf ſolche Art, wie es die fig. 92. zeiget, geſchehen, weil der mittlere Theil dicker und weniger durchſichtig als das übrige iſt, weswegen nicht bloß der Rand, ſondern auch ein Theil des Mittels bedecket werden muß.

Wenn die zu beobachtende Gegenſtände faſt in derſelben geraden Linie liegen, ſo kann man, wie unſer Verfaſſer anmerket, ſtatt der zwo Röhren eine einzige brauchen, in welcher man die Objectivgläſer neben einander ſtellet, und an der unten auch nur ein einziges Ocularglas [a]) befindlich iſt. Das Werkzeug hat alsdenn einige Aehnlichkeit mit dem Heliometer oder Aſtrometer unſers Verfaſſers, das er im J. 1748. bekannt machete [b]).

Wohl zu merken iſt, daß man durch dieſe beyden Werkzeuge nicht die abſolute Menge der Strahlen, ſondern die Dichte oder Intenſität des Lichtes mißt. Jene iſt das Product aus der Intenſität in die Fläche des leuchtenden Körpers [c]).

Die

a) Ohne Zweifel das vorher erwähnte mattgeſchliffene Glas. K.

b) Traité d'Optique, p. 37.

c) Doch kömmt es auf die Lage der Flächen gegen das Licht an. K.

Die Intenſität des Lichtes kann ſehr groß ſeyn, und die Erleuchtung, welche andere Körper davon erhalten, ſehr geringe, weil die leuchtende Oberfläche ſehr klein iſt; ſo wie hingegen, wenn dieſe groß iſt, bey geringer Intenſität dennoch eine ſtarke Erleuchtung ſeyn kann [d]).

Ich füge nunmehr einige Beyſpiele verſchiedener Art hinzu, wie Hr. Bouguer ſeine eben beſchriebenen Werkzeuge zur Meſſung des Lichtes gebrauchet hat, da ſeine wichtigſten Verſuche ſchon an den gehörigen Orten erzählet ſind.

Wenn ein Licht gegen das andere unkenntlich wird.

Man weis, daß einer, der an einem ſtark erleuchteten Orte ſteht, Gegenſtände, die im Schatten liegen, nicht unterſcheiden kann, ſo wie er auch nichts erkennen kann, wenn er aus dem Lichte unmittelbar an einen Ort geht, wo nur ſehr wenig Licht iſt. Daraus folget, daß der Eindruck von einem ſtarken Lichte auf das Auge, und die nachbleibende Empfindung deſſelben, die Wirkung eines ſchwachen Lichtes verdringen. Das Verhältniß der Intenſitäten in dieſem Falle auszumachen, ließ er das Licht zwoer Kerzen auf eine ſehr weiße Fläche fallen, fieng das Licht der einen mit einem Lineale auf, und entfernete ſie ſo weit, bis der Schatten, welcher von der andern erleuchtet ward, nicht mehr zu erkennen war. Dieſes geſchahe, wie er jene achtmal ſo weit als dieſe von der Fläche entfernet hatte. Hieraus ſchließt er, daß ein Licht, wenn es 64mal (achtmal achtmal) ſchwächer iſt als ein anderes, gegen dieſes nicht mehr zu merken iſt. Uebrigens wird dieſes für verſchiedene Augen verſchiedentlich ausfallen; doch glaubet Bouguer, daß die Gränzen zwiſchen 60 und 80 liegen mögen [e]).

Helligkeiten verſchiedener Stellen des Luftbimmels.

Vermittelſt des zweyten der oben beſchriebenen Werkzeuge verglich er die Stärke des von verſchiedenen Stellen des Lufthimmels zurückgeworfenen Lichtes, und fand, daß wenn die Sonne 25 Grad hoch ſtand, das Licht in einer Entfernung von 8 bis 9 Grad von der Sonne viermal ſtärker war, als in einer Entfernung von 31 bis 32 Grad [f]). Sehr merkwürdig iſt auch, daß bey einer Höhe der Sonne von 15 oder 20 Grad, das Licht des Himmels längſt einem Parallelkreiſe mit dem Horizonte in dieſer Höhe, bis auf eine gewiſſe Weite von der Sonne, etwa 110 bis 120 Grad, immer abnimmt, hernach aber wieder zunimmt, und an dem der Sonne entgegen geſetzten Puncte am größten wird [g]).

Stärke des Mondenlichtes in verſchiedenen Höhen.

Das Licht der Sonne, ſaget Bouguer, iſt zu ſtark, und das Licht der Sterne zu ſchwach, als daß man die Veränderungen deſſelben in verſchiedenen Höhen bemerken könnte. Da beydes aber, unter einerley Umſtänden, mit dem Lichte des Mondes ſich auf einerley Art verändern muß, ſo beobachtete er den Mond in verſchiedenen Höhen, und fand, daß die Erleuchtung deſſelben in der Höhe von 19° 16′ ſich zu der in der Höhe von 66° 11′ wie 1681 zu 2500, das iſt faſt wie 2 zu 3

d) Traité d'Optique, p. 40.

e) Ibid. p. 52.

f) Dieſe Beobachtungen gehen von den Rechnungen des Herrn Lambert (Photom. P. V. Cap. 2.) viel ab, als welche den Unterſchied der Helligkeiten weit geringer angeben. Doch erinnert auch Hr. L. daß die Helligkeit der Luft um die Sonne größer ſeyn müſſe, als ſie aus ſeinen Rechnungen folge. A.

g) Traité d'Optique, p. 73.

verhalte. Diese Höhen hatte er deswegen ausgesuchet, weil sie die Höhen der Sonne zur Zeit ihres Stillstandes für Croisie sind, wo er damals wohnete. Wenn der Rand des Mondes den Horizont der See berührete, war sein Licht 2000mal schwächer, als in der Höhe 66° 11′; wiewohl dieses Verhältniß, wie er auch eingesteht, wegen der vielen Abwechselungen in der Dichtigkeit der untern Atmosphäre auf mancherley Art sich verändern muß [h]).

Ungleiche Helligkeit der Sonnenscheibe.

Endlich beobachtete unser genaue Naturforscher vermittelst seines Werkzeuges auch die verschiedenen Theile der Sonnenscheibe, und fand, daß sie um den Mittelpunct beträchtlich heller als nach dem Rande hin ist. Es war in dem Verhältnisse von 48 zu 35, daß der Mittelpunct heller schien, als eine um $\frac{1}{4}$ des Halbmessers davon entfernte Stelle [i]). Die Planeten hingegen, sowohl die Haupt- als Nebenplaneten, fand er am Rande heller als um den Mittelpunct [k]).

Vergleichung des Sonnen- und Mondenlichtes.

Das Licht der Sonne und des Mondes hat man oft mit einander zu vergleichen gesuchet; es blieb aber bey ohngefähren Muthmaßungen, bis daß unser Verfasser die Sache genauer zu erforschen unternahm. Ueberhaupt ist man geneigt, das Licht des Mondes in Vergleichung mit dem Lichte der Sonne weit größer zu halten, als es wirklich ist; und hierinn irret sich nicht allein der Unerfahrne, sondern auch wohl der Naturkundige. De la Hire wunderte sich sehr, daß er durch keinen Brennspiegel die Strahlen des Mondes so dichte zusammenbringen konnte, daß sie die geringste merkliche Hitze hervorgebracht hätten [l]). Andere haben mit noch größern Brennspiegeln es versuchet, ohne etwas mehr auszurichten, und darüber wird man sich auch nicht wundern, wenn man Bouguers Beobachtungen und Berechnungen von der Stärke des Mondenlichtes kennen gelernet hat.

Er findet nämlich durch ein Mittel aus mehrern Versuchen, daß das Mondenlicht 300000mal schwächer ist, als das Sonnenlicht. Dieses brachte er dadurch heraus, daß er sowohl das Sonnen- als das Mondenlicht in ein verfinstertes Zimmer durch ein Hohlglas fallen ließ, und das sich zerstreuende Licht in einer solchen Weite auffieng, daß es der Erleuchtung von einer in gewisser Entfernung gestellten Kerze gleich kam. Aus der Größe der Kreise, in welche sich das Sonnen- und Mondenlicht ausbreitete, und der jedesmaligen Entfernung der Kerze, ward das obige Verhältniß geschlossen, welches freylich so ungeheuer groß ist, daß es gar kein Wunder bleibt, wenn man mit dem Mondenlichte durch Brennspiegel keine Wärme hervorbringen konnte. Die größesten Brennspiegel verdichten das Licht nicht 1000mal, also bleibt das Mondenlicht in dem Brennraume eines Spiegels noch 300mal schwächer als das gewöhnliche Sonnenlicht [m]).

Stärke des Mondenlichtes, wenn nichts verlohren gienge.

Es wird nun auch dem Leser, nachdem er gesehen, wie viel Licht der Mond wirklich zurückwirft, nicht unangenehm seyn, es mit der Menge des Lichtes zu vergleichen, die dieser Körper uns zusenden würde, wenn von dem auffallenden nichts verlohren

h) Traité d'Optique, p. 81.
i) Ibid. p. 93.
k) Ibid. p. 121.
l) Mem. de l'Ac. de Paris, p. 455.
m) Traité d'Opt. p. 85.

verlohren gienge. Dr. Smith glaubete, auf zweyerley Art erwieſen zu haben, daß das Licht des Vollmondes ſich zu unſerm Tageslichte wie 1 zu 90900 verhalte, wenn alle Strahlen zurückgeworfen würden. Zuerſt nimmt er an, daß der von der Sonne erleuchtete Mond ſo helle ſcheint, als die Wolken im Mittel genommen; woraus er ferner folgert, daß das Sonnenlicht ſo groß iſt, als das Licht aller Wolken auf der ganzen Halbkugel zuſammen, oder dem Lichte von ſo viel Monden, als die ganze Himmelsfläche bedecken könnten n). Allein hiebey iſt zu bemerken, daß es zwar wahr iſt, daß das Sonnenlicht, welches ſenkrecht auf eine Fläche fällt, dem von der ganzen Halbkugel zurückgeworfenen Lichte gleich ſeyn würde, wenn jeder Theil derſelben alles darauf fallende Licht zurückwürfe; daß aber das von der ganzen Halbkugel wirklich erhaltene Licht, als wovon ein Theil ſchief aufgefangen wird, nur die Hälfte desjenigen iſt, welches von der ganzen Halbkugel herkommen würde, wenn jeder Theil derſelben ſenkrecht auf die zu erleuchtende Fläche ſchien o). Smiths Fehlſchluß.

In den Anmerkungen zu ſeinem Werke bringt er durch ein anderes Verfahren dieſelbe Folgerung heraus, machet aber dabey wieder den Fehlſchluß, daß er die ganze erleuchtete Halbfläche des Mondes die Strahlen der Sonne ſenkrecht erhalten läßt, da doch nicht mehr Strahlen darauf fallen können, als auf der Fläche eines größten Kreiſes der Mondskugel ſenkrecht enthalten ſind, die genau die Hälfte von der halben Oberfläche des Mondes iſt.

Herr Michell ſtellete dieſe Rechnung auf eine leichtere und einfachere Art an, bey der man ſich ſo leicht nicht irren kann. Aus der Entfernung des Mondes von der Sonne, mit Zuziehung des Satzes, daß die Dichte des Lichtes ſich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung von dem leuchtenden Körper verhält, berechnete er das Verhältniß der Dichte des Sonnenlichtes in der Weite des Mondes von der Sonne, und an der Oberfläche der Sonne ſelbſt; und fand hieraus, daß wenn der Mond alles Licht, welches er von der Sonne erhält, zurückwürfe, es doch nur der 45000ſte des Lichtes, das wir von der Sonne bekommen, ſeyn würde. Nimmt man nun mit Bouguer an, daß das Mondenlicht wirklich nur den 300000ſten Theil des Sonnenlichtes ausmachet, ſo wirft der Mond nur den ſechſten bis ſiebenten Theil des auffallenden zurück p).

Zuſatz des Ueberſetzers.

Von den ältern Methoden, das Licht zu meſſen.

Ich hole dieſes aus Bouguers Optik nach. Huygens wollte, wie Bouguer aus deſſelben Coſmotheoros L. 2, p. 136. anführet, das Licht der Sonne und des

n) Opticks, vol. 1. p. 29. (d. d. A. S. 28.)

o) Vergl. Lamberti Photometr. §. 101. 109 ſeqq. K.

p) Philoſ. Tranſ. vol. 53. p. 236. (Dieſes Citatum iſt unrichtig. Sonſt findet man dieſes ſchon weit genauer berechnet in der Lambertiſchen Photometrie, §. 1039 ff. Wenn der Mond alles Licht wieder zurückwürfe, ſo wäre er nur den 69250ſten Theil ſo helle als die Sonne. K.)

Sirius auf diese Art mit einander vergleichen, daß er beyde Körper durch eine lange, oben mit einem sehr kleinen Loche versehene Röhre, betrachtete und beyder Licht gleich helle machte. Huygens fehlte, wie Bouguer merket, erstlich darinn, daß er die absoluten Kräfte und die Intensitäten des Lichtes nicht gehörig unterschied, am meisten aber, daß er zwo Empfindungen, davon er die eine mehrere Stunden später als die andere erhielt, mit einander zu vergleichen sich getrauete.

Im J. 1700 gab ein Pariser Capuziner, Franciscus Maria, ein kleines Buch, nouvelles decouvertes sur la lumiere, heraus, worinn er glaubte, daß die Abnahme des durch mehrere Gläser gehenden Lichtes in arithmetischer Fortschreitung geschehe, die doch bey sonst gleichen Umständen in geometrischer geschiehet. Die Stärke eines Lichtes zu messen, versuchte er, wie viel Gläser er nehmen müßte, um es ganz unmerklich zu machen: ein Verfahren, das auf mehr als eine Art fehlerhaft war.

Celsius, Professor der Astronomie zu Stockholm, theilte der Pariser Akademie folgende Methode mit, die Stärke des Lichtes zu messen *) Er betrachtete ein Papier, worauf er drey kleine concentrische Kreise gezeichnet hatte, in verschiedenen Entfernungen, und maaß dabey jedesmal die Weiten einer Kerze, welche das Papier erleuchten mußte, wenn er die Kreise deutlich sah. Er fand, daß die Entfernungen der Kerze von dem Papiere sich umgekehrt wie die vierten Potenzen der Entfernungen des Auges von dem Gegenstande verhalten müßten, daß man also, um ein kleines Object in der zweyfachen Entfernung eben so deutlich zu sehen, wie in der einfachen, es 256 mal stärker erleuchtet haben müßte. Bouguer bemerket dagegen, daß die Deutlichkeit des Sehens überhaupt nicht von der Stärke des Lichtes abhängt. Wenn ein Gegenstand sich außerhalb den Gränzen des deutlichen Sehens befindet, so helfe die Vermehrung oder Verminderung der Erleuchtung gar nicht dazu, denselben deutlicher zu machen. Es sey ein höchst ungefährer Zufall, daß die angeführte Proportion der Entfernungen für des Celsius Augen eingetroffen.

Achter Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Isländischen Krystalles.

Außer den Eigenschaften der Lichtstrahlen, die sich durch die Zurückwerfung, Brechung und Beugung äußern, mag es noch wohl mehrere von einer ganz andern Art geben, dadurch die gegenseitige Wirkung des Lichtes und der Körper auf einander von mancherley Seiten sich zeigen kann. Dergleichen neue und merkwürdige Eigenschaften des Lichtes entdecken sich an dem Isländischen Krystalle; da aus den angestellten Beobachtungen der Strahlenbrechung durch dieses besondere Mineral die unmittelbare Folge fließt, daß verschiedene Seiten der Strahlen verschiedene

*) Hist. de l'Acad. de Paris, 1735, p. 7.

schiedene Eigenschaften haben. Nach den ersten Wahrnehmungen, welche zu dieser Entdeckung leiten, und die vom Erasmus Bartholinus gemacht sind, rühren die meisten Erfahrungen zwar schon vom Huygens her; allein da die wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinungen vor Newton von niemand angegeben ist, und nachher noch einige neue Bemerkungen hinzugekommen sind, so hielte ich es für schicklich, die ganze Geschichte in dieser Periode, ununterbrochen zu liefern.

Bartholin *) bemerket, daß der Isländische Krystall rhomboidalisch aussiehet, und das die Stücke, wenn er zerbricht, die Gestalt gleichfalls annehmen, einen Fall ausgenommen, in welchem eine dreyeckigte Pyramide entsteht. b) Von den Winkeln dieses Minerals, ist der stumpfe, nach diesem Verfasser, 101 Grad, der spitze 79 Grad groß. Bartholins Beobachtungen.

Als er die Grundfläche eines solchen Stückes Krystalles auf den Gegenstand B oder A legte, sahe er mit vieler Verwunderung, daß beym Durchsehen sich zwey deutliche Bilder davon zeigten, indem B sowohl in G als in H, und A in C D und E F erschienen. Die Entfernung dieser beyden Bilder von einander war desto größer, je dicker der Krystall war, und bey sehr dünnen Stücken fielen sie fast in einander. Bey aufmerksamer Betrachtung beyder Bilder schien ihm dasjenige, welches von seinem Auge am weitsten war, höher, als das andere zu liegen. c) Fig. 93.

In einer gewissen Lage des Auges ward das Bild einfach, wie es sonst durch andere durchsichtige Mittel erscheint, und in andern Lagen entdeckete er nicht weniger als sechs Bilder, die er aber der Zurückstrahlung an den Seiten des Krystalles zuschrieb. In dem Falle eines einfachen Bildes glaubte er, daß die Lage des einen Bildes so wäre, daß keine Strahlen von demselben ins Auge kommen könnten. d)

Die Entfernung der beyden Bilder war am größesten, wenn der Gegenstand auf der Linie lag, die einen der spitzen Winkel des Krystalles halbirte.

Da er den Krystall über einem Gegenstande in die Runde drehete, nahm er wahr, daß eines von den Bildern unbeweglich blieb, und das andere sich um dieses drehete. Doch konnte er auch machen, daß jedes Bild, welches er wollte, sich um das andere herum bewegete, oder daß auch beyde zugleich beweglich wurden. Er bemerkete, daß bloß bey dem einem Bilde der senkrechte Strahl keine Brechung leidet; denn die ungewöhnliche Brechung richtete sich nach der Neigung des

a) Erasmus Bartholinus, jüngster Sohn des Caspar Bartholinus, eines berühmten Arztes zu Kopenhagen, ward 1625 gebohren. Er ward Professor der Geometrie und der Medicin daselbst, und zuletzt Beysitzer des Staatsrathes. Sein Bruder, Thomas Bartholinus, der zweyte Sohn Caspars, der Verfasser der Schrift de luce animalium, hatte eben diese Würde bekleidet. Er war 1616 gebohren und starb 1680. A.

b) Vielleicht hatte Bartholin das Mineral unter dieser Gestalt in den vollständigen Krystallen gesehen, ehe sie zerbrochen waren; denn diese Gestalt haben sie, wenn sie vollständig sind.

c) Experimenta Crystalli, p. 13.

d) Ibid. p. 17.

des Strahles gegen eine mit den Seiten des Krystalles parallele Linie, so wie die gewöhnliche Brechung nach der auf die Oberfläche senkrechten Linie *e*).

Das Brechungsverhältniß bey der gewöhnlichen Brechung fand er wie 5 zu 3. Die Ursache der ungewöhnlichen Brechung wußte er nicht besser anzugeben, als daß sie in der Lage der Zwischenräumchen, wodurch das Licht geht, zu suchen seyn möchte.

Die Stücke dieses Krystalles, welche Bartholin untersuchete, waren aus Island, und die besten waren auf einem hohen Berge nahe bey dem Berge Roerford gefunden, wo er bisweilen in Stücken eines Fußes dicke bricht.

Huygens bestimmet die Figur des Isländischen Krystalles,

Huygens vermehrete diese Beobachtungen des Bartholinus von der Brechung des Lichtes mit vielen und beträchtlichen neuen Entdeckungen, in welchen er verschiedene Angaben seines Vorgängers verbesserte *f*). Was erstlich die Figur des Krystalles betrifft, so findet Huygens durch eine genauere und anders veranstaltete Messung als des Bartholinus seine, daß die stumpfen Winkel der Seitenflächen 101 Grad 52 M. und folglich die spitzen 78 Gr. 8 M. betragen. Er berechnet nämlich diese Winkel aus der gemessenen Neigung der Seitenflächen gegen einander, welche 105 Grad beträgt.

und die nähern Umstände beyderley Brechungen.

Da in andern durchsichtigen Körpern der senkrecht auffallende Strahl keine Brechung leidet, und der schief auffallende allemal gebrochen wird, so ereignet sich an unserm Krystalle das Besondere, daß der senkrechte Strahl gebrochen wird, und ein schief auffallender bisweilen gerade durchgeht. Die nähern Umstände der ungewöhnlichen Brechung beschreibt Huygens folgendermaßen. Es sey *ABFE* ein Stück des Krystalles, und es werde der stumpfe Winkel ACB, an einem der beyden körperlichen Winkel, welche aus drey gleichen ebenen stumpfen Winkeln bestehen *g*), in zween gleiche Theile durch die gerade Linie CG getheilet, durch welche und durch die Seite CF eine Ebene geleget werde, die auf die Oberfläche AB nothwendig senkrecht wird. Der Durchschnitt dieser Ebene mit dem Krystalle wird ein Parallelogramm GCFH, welches er den Hauptschnitt des Krystalles nennt *h*).

fig. 94.

Bedecket man die Fläche AB, und läßt bloß eine kleine Oeffnung bey K, einem Puncte auf der Linie CG, und hält sie gegen die Sonne so, daß ihre Strahlen senkrecht darauf fallen, so wird der Strahl IK sich bey K in zween Strahlen theilen, wovon der eine in der geraden Linie nach KL fortgeht, und der andere sich von ihm nach KM trennet, einer Linie, die in der Ebene CGHF befindlich ist, und mit KL einen Winkel von etwa 6 Gr. 40 M. nach C hin machet; worauf er ferner

e) Ibid. p. 21, 31, 32.

f) In dem Traité de la lumiere, ch. 5, die in dem dritten Bande seiner Werke befindlich ist. Ich habe daraus in dem von Hrn. Priestley gegebenen Auszuge vieles eingeschaltet, was zur Verständlichkeit nothwendig war. Ä.

g) Zween körperliche Winkel des Krystalles, hier C und E, bestehen aus drey ebenen stumpfen Winkeln, die andern aus zween spitzen und einem stumpfen. Ä.

h) Bloß in diesem Schnitte, oder solchen, die damit parallel sind, bleibt der ungewöhnlich gebrochene Strahl mit dem einfallenden und dem gewöhnlicher Weise gebrochenen in derselben Ebene.

ferner, wenn er bey M nach MZ ausfährt, mit IK parallel wird. Weil alſo durch dieſe ungewöhnliche Brechung der Punct M vermittelſt des gebrochenen Strahles MKI von einem Auge auf der Linie KI geſehen wird, ſo muß der Punct L vermittelſt des Strahles LRI, von dem der Theil LR parallel mit KM iſt, von dem Auge in I geſehen werden, wenn dieſes anders weit genug entfernet iſt. Folglich ſcheint der Punct auf der Linie IRS zu liegen, erſcheint aber zugleich auch nach der ſonſt gewöhnlichen Art auf IK, folglich iſt ſein Bild zweyfach. Gleichfalls, wenn L ein kleines Loch in einem Blatte Papier oder in einer andern Bedeckung auf der Fläche EF iſt, und man dieſe gegen das Licht hält, wird das Loch gedoppelt erſcheinen, und die beyden Löcher werden ſich deſto weiter von einander entfernen, je dicker der Kryſtall iſt.

Wenn der einfallende Strahl der Sonne NO in der Ebene des Schnittes GCFH liegt, und mit CG einen Winkel von 73 Gr. 20 M. machet, folglich mit der Ecke CF, welche gegen FH unter einem Winkel von 70 Gr. 57 M. ſich neiget, beynahe parallel iſt, ſo zertheilet er ſich bey O in zween Strahlen, wovon der eine nach OP, in der gerade verlängerten NO, und, ohne ſich zu brechen, auch wieder herausgeht, der andere aber nach OQ gebrochen wird.

Aus dieſen und einigen andern Verſuchen ſah er genugſam ein, daß von den beyden unterſchiedenen Brechungen eine ſich nach den gewöhnlichen Regeln richtet, das iſt, diejenige, welche nach KL und OQ geſchieht. Er maaß das Verhältniß dieſer Brechung mit Fleiße, und fand es, wie Bartholin es ſchon beſtimmet hatte, nämlich wie 5 zu 3. Die Art, wie er ſowohl die gewöhnliche als ungewöhnliche Brechung maaß, iſt folgende.

Methode, die Brechungen zu meſſen.

Auf einem Papiere, das auf ein glattes Brett geſpannt war, zog er eine ſchwarze Linie AB, und zwo andere CED, KML, die jene unter einem rechten Winkel ſchnitten, und weiter oder näher bey einander gezogen wurden, nachdem er einen mehr oder weniger geneigten Strahl unterſuchen wollte. Er legete hierauf den Kryſtall auf die Linie AB, ſo daß dieſe den ſtumpfen Winkel der untern Fläche halbirte, oder mit der ihn halbirenden Linie parallel war. Hielte er das Auge gerade über AB, ſo ſchien ſie nur einfach, und das Stück, welches er durch den Kryſtall ſah, lag mit den Theilen, die ſich außerhalb zeigeten, in gerader Linie; aber die Linie CD ſchien gedoppelt. Das Bild derſelben, welches durch die ordentliche Bewegung entſteht, unterſcheidet ſich dadurch, daß es höher zu liegen ſcheint als das andere, wenn man mit beyden Augen darauf ſieht, oder daß es beym Umdrehen des Kryſtalles unbeweglich bleibt, dagegen das andere Bild ſich rings herum beweget. Hierauf ſtellete er ſein Auge in I (immer in der ſenkrechten Ebene durch AB) ſo, daß er das regelmäßige Bild von CD mit dem übrigen Theile dieſer Linie in gerader Linie erblickete. Nun bemerkete er den Punct H auf der Oberfläche, wo der Durchſchnittspunct E erſchien, ſo liegt dieſer Punct gerade über E. Hierauf zog er ſein Auge zurück bis O, immer in der ſenkrechten Ebene durch AB, bis das Bild von CD, das von der gewöhnlichen Brechung entſteht, mit KL, die er ohne Brechung ſahe, in gerader Linie ſchien, und fig. 95.

bemerkete auf dem Kryſtalle den Punct N, wo des Durchſchnittes E Bild hinfiel. Alſo war ihm die Länge und Lage der Linien NH, EM, und HE, als die Dicke des Kryſtalles bekannt, woraus, wenn er dieſe Linien auf einem beſondern Papiere zeichnete, und NE nebſt NM zog, welche letztere HE in P ſchneidet, das Verhältniß der Brechung, als welches dem Verhältniſſe NE zu NP gleich iſt, bekannt wurde. Dieſes iſt, wie ſchon geſaget worden, das von 5 zu 3, und bey allen Neigungen daſſelbe.

Auf eben dieſe Art unterſuchte er auch die ungewöhnliche Brechung. Er ſtellete nämlich dazu ſein Auge in Q, wo das Bild der Linie CD durch die ungewöhnliche Brechung mit KL, die er ohne Brechung ſahe, in eine gerade Linie zu fallen ſchien. Aus den bekannten Dreyecken REH, RES, fand er die Winkel RES, RSH, welche der gebrochene und einfallende Strahl mit dem Einfallslothe machten. Hier war aber das Verhältniß der Brechung veränderlich nach der Neigung des einfallenden Strahles.

Er fand auch, wenn QRE eine gerade Linie war, oder wenn der Strahl ungebrochen blieb, (das iſt, wenn des Punctes E ungewöhnliches Bild in der Linie CD, die ohne Brechung geſehen ward, zu liegen ſchien,) daß alsdenn der Winkel QRG 73 Gr. 20 M. hielte, und es alſo nicht der mit der Ecke des Kryſtalles parallele Strahl iſt, der ungebrochen durchgeht, wie es Bartholin geglaubet hat. Man muß dieſes darum bemerken, damit man nicht die Urſache dieſer beſondern Erſcheinung in dem Parallelismus des Strahles mit dieſen Ecken ſuche.

Geſetze der ungewöhnlichen Brechung in dem Hauptſchnitte.

Nach fernerer Unterſuchung der ungewöhnlichen Brechung fand er folgendes Geſetz derſelben. Es ſey GCFH das Parallelogramm, welches durch den Hauptſchnitt des Kryſtalles (fig. 94.) entſteht. Allemal, wenn die Neigungswinkel zweyer Strahlen, die von entgegengeſetzten Seiten herkommen, als hier die Strahlen VK, SK gleich ſind, treffen ihre gebrochenen Theile KX, KT auf die gerade Linie HF in Puncten X, T, in gleichen Weiten von dem Puncte M, wo der gebrochene Theil des ſenkrecht auffallenden Strahles die HF ſchneidet. Eben dieſes findet auch bey den Brechungen in andern Schnitten des Kryſtalles ſtatt.

fig. 96.

Wie Huygens dieſe Erſcheinungen erkläret.

Hierauf trägt Huygens ſeine Theorie zur Erklärung dieſer Erſcheinungen vor. Die ungewöhnliche Brechung leitet er von ſphäroidiſchen Lichtwellen, ſo wie die gewöhnliche von ſphäriſchen her. Durch Hülfe dieſer Theorie beſtimmet er die Geſetze der ungewöhnlichen Brechung auch in andern Durchſchnitten des Kryſtalles außer dem Hauptſchnitte, wo noch die beſondere Abweichung hinzu kömmt, daß der ungewöhnlicher Weiſe gebrochene Strahl aus der ſenkrechten Einfallsebene heraustritt, und nach der abhängigen Seite des Kryſtalles hingelenket wird.

Beſondere Wahrnehmungen.

Endlich fand er noch, daß wenn zwey Stücke dieſes Kryſtalles in einiger Entfernung von einander ſo gehalten werden, daß alle Seitenflächen des einen parallel mit den Seitenflächen des andern ſind, und der Lichtſtrahl AB durch das erſte Stück in die beyden BC, CD geſpalten iſt, jeder dieſer beyden, ohne ſich weiter zu ſpalten, in das andere Stück übergehe; daß aber der regelmäßig gebrochene, als DG, bloß die regelmäßige Brechung nach GH und der ungewöhnlicher Weiſe gebrochene bloß die ungewöhnliche Brechung nach EF leide. Es fand dieſes auch noch ſtatt,

fig. 97.

wenn

wenn nur die Hauptſchnitte beyder Stücke in derſelben Ebene lagen, ohne daß die einander gegen über liegenden Flächen ſich parallel zu ſeyn brauchten.

Lagen die Stücke ſo, daß ihre Hauptſchnitte einen rechten Winkel mit einander macheten, die gegenüber liegenden Flächen mochten ſich parallel ſeyn oder nicht: ſo ward der in dem erſten Stücke regelmäßig gebrochene Strahl in dem zweyten bloß nach der ungewöhnlichen Art, und der in dem erſten Stücke nach der ungewöhnlichen Art gebrochene in dem zweyten bloß nach der gewöhnlichen Art gebrochen.

In allen andern Lagen außer dieſen beyden theileten ſich die Strahlen DG, CE, aufs neue durch die Brechung an dem zweyten Kryſtalle, ſo daß der eine Lichtſtrahl AB in viere geſpalten ward, die bisweilen gleich helle waren, nachdem die Lage der Kryſtalle gegen einander geändert ward; zuſammen aber waren ſie nicht heller als der einzige Strahl AB.

Dieſe beſondere Eigenſchaft der gedoppelten Brechung beſitzt, wie Huygens fand, der Isländiſche Kryſtall nicht allein. Er fand ſie auch, aber nicht ſo merklich, am Bergkryſtall. Denn durch Prismen, die er ſich daraus nach verſchiedenen Schnitten hatte ſchleifen und wohl poliren laſſen, erſchien eine Lichtflamme oder das Bley an den Fenſtern gedoppelt, wiewohl die Bilder nahe an einander lagen. Darum tauget dieſer ſo durchſichtige Körper zu Objectivgläſern in etwas langen Fernröhren nicht.

Geſetz der ungewöhnlichen Brechung nach Newton. fig. 98.

Newton ſcheint ſelbſt keine eigene Verſuche mit dem Isländiſchen Kryſtalle angeſtellet zu haben. Doch giebt er das Geſetz der ungewöhnlichen Brechung folgendermaßen an. Es ſey ADBC die brechende Fläche des Kryſtalles, C der größte körperliche Winkel an dieſer Fläche, GEHF die gegen über liegende Fläche, und CK eine ſenkrechte Linie auf dieſe, welche mit der Ecke CF einen Winkel von 19 Gr. 3 M. machet. Man ziehe KF, und nehme KL ſo groß, daß der Winkel KCL 6 Gr. 40 M. und LCF 12 Gr. 23 M. groß werde. Iſt nun ST ein Lichtſtrahl, der unter einem beliebigen Winkel bey T auffällt, ſo ſey TV der regelmäßig, nach dem Brechungsverhältniſſe 5 zu 3, gebrochene Strahl. Man ziehe VX parallel und gleich mit KL, nach derſelben Seite hin, wohin L von K ab gerechnet liegt; und die Linie TX iſt der ungewöhnlich gebrochene Strahl i).

Newtons Hypotheſe.

Newton iſt auch der erſte, der zur Erklärung dieſer wunderbaren Erſcheinungen eine wahrſcheinliche Urſache angegeben hat, dieſe nämlich, daß die verſchiedenen Seiten eines Strahles verſchiedene Eigenſchaften haben. Denn, ſaget er, nachdem er die zuletzt angeführten Hugenianiſchen Beobachtungen erzählet hat, wenn der Unterſchied der Strahlen in Abſicht auf die gewöhnliche und ungewöhnliche Brechung nicht eigenthümlich iſt, ſondern von neuen, dem Strahle bey der erſten Brechung ertheilten Modificationen herrühret, ſo müßten die drey nachfolgenden Brechungen

i) Newtoni Optices. L. 3. Qu. 17, p. 301. Ich habe dieſe vom N. angegebene Geſetze eingeſchaltet. Er giebt keinen Beweis davon. Beruhet es vielleicht darauf, daß was für eine Urſache den Strahl CL, nach der Richtung KL, um die Weite KL von dem ungebrochenen Strahle CK entfernet, eben dieſe auch den Strahl TX nach derſelben Richtung um dieſelbe Weite von dem regelmäßig gebrochenen TV entfernen müſſe? K.

chungen andere neue Veränderungen hervorbringen. Dieſes geſchieht aber in dem Verſuche nicht, da ein Strahl immer nach der gewöhnlichen, ein anderer Strahl immer nach der ungewöhnlichen Art gebrochen wird. Haben demnach, fraget er, die Lichtſtrahlen nicht verſchiedene Seiten, die mit unterſchiedenen eigenthümlichen (congenitis) Eigenſchaften verſehen ſind? Denn aus dem zweyten Hugenianiſchen Verſuche erhelle, daß es nicht zweyerley Gattungen Strahlen gebe, deren die eine beſtändig und in allen Lagen nach der gewöhnlichen Art, die andere beſtändig und in Lagen nach der ungewöhnlichen gebrochen werde. Jeder Strahl habe alſo gleichſam vier Seiten, wovon zwo, und zwar entgegengeſetzte, machen, daß der Strahl nach der ungewöhnlichen Art gebrochen wird, ſobald eine derſelben nach der Gegend der ungewöhnlichen Brechung, (d. i. der Richtung der Linien KL, VX, fig. 98) in dem Kryſtalle gekehret iſt; die beyden andern aber, wenn eine derſelben nach dieſer Gegend gewandt iſt, doch nicht verurſachen, daß der Strahl anders als auf die gewöhnliche Weiſe gebrochen wird. Weil nun dieſe Beſchaffenheiten in den Strahlen ſchon vorhanden waren, ehe ſie auf die zwote, dritte und vierte Fläche der Kryſtalle fielen, und durch die Brechung an dieſen Flächen, ſo viel man wahrnehmen können, nicht verändert wurden; weil auch die Strahlen an allen dieſen vier Flächen, nach einerley Geſetzen gebrochen wurden, ſo ſcheinen dieſe Beſchaffenheiten den Strahlen urſprünglich eigen geweſen zu ſeyn *).

Des P. Beccaria Bemerkungen.

Der Pater **Beccaria** verbeſſert Hugens und Newtons Wahrnehmungen von dem Bergkryſtalle, den ſie nicht ſo ſorgfältig wie den Isländiſchen beobachtet hatten. Bey der doppelten Brechung in dem letztern fährt der Strahl durch zwo parallele Flächen ein und aus, bleibt daher ohne Farben; allein an dem Bergkryſtalle ſind die brechenden Flächen gegen einander geneigt, und darum wird der ausfahrende Strahl gefärbet. Er beſchließt ſeine Bemerkungen mit der Frage, ob es außer dieſen beyden Körpern nicht noch mehrere gebe, welche eine vielfache Brechungskraft beſitzen. S'Graveſand, ſaget er, hatte ein Prisma aus Braſilianiſchem Kieſel, das an jedem Winkel eine gedoppelte Brechung, und zwar an jedem eine verſchiedene wahrnehmen ließ. Er glaubet auch, daß man durch die Beobachtung der Anzahl der Brechungen in durchſichtigen Foſſilien zu einer nähern Einſicht in den Bau und die Entſtehungsart ſolcher Körper geleitet, und die Urſache aller Brechungen und Zurückwerfungen beſſer einzuſehen in Stand geſetzet werden könne. Er ſelbſt iſt ſehr geneigt dieſe Urſache in einem elektriſchen Feuer zu ſuchen *l*).

Martins Entdeckungen.

Dem ſo fleißigen Naturforſcher, Hrn. B. **Martin**, haben wir noch verſchiedene neue Beobachtungen von der Brechungskraft des Isländiſchen Kryſtalles zu danken. Er bemerket, daß dieſer Körper, ungeachtet er talgartig *m*) und viel weicher als Glas iſt, dennoch eine Politur faſt ſo gut wie Glas anzunehmen im Stande iſt, wenigſtens ſo gut, daß er zu allen Abſichten und Verſuchen tauglich wird, wenn man Prismen

k) Newtoni Optices, L. 3. Qu. 18. p. 304.

l) Philoſ. Tranſ. vol. 52. p. 489.

m) Hugens und Newton rechnen den Isländiſchen Kryſtall auch unter die talgartigen Körper. Er iſt aber ein Kalkſpath. A.

Prismen aus ihm ſchleift, dergleichen Herr Martin verſchiedene gemachet, und in ſeinen öffentlichen Lehrſtunden gezeiget hat.

Versuche mit Prismen vom Isländiſchen Kryſtalle.

Die Verſuche mit dieſen Prismen, ſaget er, zeigen, daß nicht bloß eine zweyfache, ſondern eine vielfache Brechung in dem Isländiſchen Kryſtalle vorgeht. Denn einige derſelben zerſpalteten den aufgefallenen Sonnenſtrahl nur in zween Strahlen, deren jeder ein gefärbtes Bild der Sonne machete, das viel breiter und lebhafter gefärbet war, als es durch Glasprismen mit demſelben brechenden Winkel zu ſeyn pfleget. Beyde Bilder ſind einander ohne merklichen Unterſchied gleich. Andere Prismen zertheilen das Sonnenlicht in vier Theile, deren jeder ein beſonderes gefärbtes Bild der Sonne giebt. Dieſe vier Bilder ſind beynahe auf gleiche Art und gleich ſtark gefärbet. Jeder Gegenſtand erſcheint durch dieſe Prismen vierfach, und allemal gefärbet.

Ja es giebt auch Stücke Isländiſchen Kryſtalles, woraus Prismen mit einer ſechsfachen Brechungskraft werden, weil ſie den Sonnenſtrahl in ſechs Theile ſpalten, ſechs gefärbte Sonnenbilder hervorbringen, und jeden Gegenſtand ſechsfach vervielfältigen. Dergleichen Stücke ſind aber nicht häufig. Er hat nur ein einziges gefunden, das helle genug war, ein gutes Prisma abzugeben. Als etwas ganz beſonderes merket er an, daß von zwey Prismen aus demſelben Stücke Kryſtalles, die faſt gleiche Winkel hatten, das eine zwey Bilder, das andere ſechs Bilder machete.

Prismen, die einzeln mehr als ſechsmal das Bild vervielfältigen, konnte er nicht finden; wenn er aber zwey Prismen ſo zuſammen ſtellete, daß der brechende Winkel dadurch größer oder kleiner ward, ſo verhielten ſie ſich wie die Factoren eines Products, das iſt, ſie brachten zuſammen ſo viel Bilder hervor, als das Product der von jedem einzeln hervorgebrachten Bilder betrug. Ein Prisma von zwey Bildern, verbunden mit einem von ſechs, brachte zwölfe hervor. Zwey Prismen, jedes von vier Bildern gaben ſechszehn Bilder; eines von ſechs Bildern und eines von vier gaben zuſammen vier und zwanzig; und zwey, jedes von ſechs Bildern, gaben ſechs und dreyßig.

Parallele Ebenen zerſpalten das Licht in Farben.

Das wunderbarſte an dem Isländiſchen Kryſtalle ſchien Hrn. Martin folgendes zu ſeyn, daß wenn gleich die brechenden Flächen mit einander parallel waren, und der Strahl in der Ebene der ſenkrechten Brechung *) lag, dennoch das Licht nicht, ohne Farben zu bekommen, durchgieng, wie es ſonſt bey allen andern bekannten durchſichtigen Körpern der Fall iſt. Es ſey PO der einfallende Strahl, der fig. 99. auf die erſte Fläche CG des Kryſtalles, in einem finſtern Zimmer, fällt, und nach OL, OM geſpalten wird. Auf der andern, mit jener parallelen Seite FH, zeiget ſich wieder eine gedoppelte, aber von jener ſehr verſchiedene Art der Brechung der beyden Strahlen bey L und M. Denn ein Theil des Strahles OL wird nach LQ parallel mit dem einfallenden PO, wie es ſonſt gewöhnlich iſt, gebrochen, der andere

*) So nennt Newton die Ebene, welche bey Hugens der Hauptſchnitt heißt, oder die damit parallel gelegen. K.

aber wird von L nach T, gleichwie durch ein Prisma, nach Maßgabe der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichtes, auf die Seite zerſtreuet, ſo daß das Licht nach LT gefärbet erſcheint. Eben ſo wird auf der andern Seite der Strahl OM theils nach MR parallel mit OP gebrochen, theils nach MS zerſtreuet und dabey gefärbet.

Von dieſen drey Strahlen, welche die zwote Fläche bricht, werden drey verſchiedene Bilder des Loches, wodurch der Strahl in das Zimmer gekommen iſt, entſtehen, das mittlere iſt gedoppelt und entſteht von den nach LQ und MR gewöhnlicher Weiſe gebrochenen Strahlen. Die andern zween Strahlen LT, MS, entwerfen jeder ein farbichtes Bild des Loches im Fenſterladen, ſoweit von den mittlern Bildern, daß die Winkel TLQ, RMS fünf bis ſechs Grade groß ſind. Die verſchiedene Brechbarkeit äußert ſich völlig ſo wie im Glaſe, nur ſtärker.

Ein einziger Isländiſcher Kryſtall machet 12 Bilder.

Er fand auch Kryſtalle, die ſtatt wie jene drey Bilder in einer Reihe zu machen, drey Reihen von Bildern hervorbrachten, davon die mittlere zweyfach war, daß alſo überhaupt nicht weniger als zwölf deutliche Bilder des Loches im Fenſterladen entſtanden, wie es fig. 100 abgebildet iſt. Die mit 1, 2, 3 bezeichneten liegen in der Ebene der ſenkrechten Brechung, und ſind in dieſem Stücke Kryſtall verdoppelt, in 4, 5, 6. Die Strahlen in dieſer Ebene wurden aber auch zur Seite gebrochen, als nach 7, 8, 9, zu oberſt, und nach 10, 11, 12 zu unterſt. Alle dieſe Bilder lagen ſo ordentlich, daß ſie einen Rhombus bildeten, der dem Schnitte der Ebene der ſenkrechten Brechung CFHG völlig ähnlich war.

fig. 100.

Sie waren auf mancherley Art gefärbet, die beyden mittlern bey 2 und 5 ausgenommen, die faſt eben ſo weiß, als vorher ausſahen. Doch hatten ſie nicht alle einerley Farbe; denn einige waren faſt ganz roth, andere gelb, andere grün, blau oder violet, nachdem ſich die Lage des einfallenden Strahles gegen die brechende Fläche änderte. Die beyden Bilder bey 9 und 10 in den ſpitzigen Winkeln waren ſehr ſchwach und unkenntlich, wenn der Gegenſtand nicht ſehr helle war. Ward der Kryſtall um ſeine Axe gedrehet, ſo drehete ſich das ganze Syſtem der Bilder zugleich um, und der rothe Theil jedes Bildes war immer nach dem Bilde in der Mitte, der violetne abwärts gewandt.

Sonderbare Erſcheinung.

Wenn Prismen aus dem Isländiſchen Kryſtalle, von zwey, vier oder ſechs Bildern mit dem Parallelepipedo verbunden wurden, ſo vermehreten ſie die Anzahl der Bilder in dem Rhombus, daß daraus 24, 48, 72 an der Zahl wurden, die faſt alle ſehr deutlich, und mit den prismatiſchen Farben regelmäßig geſchmücket waren, ſo daß daraus eine Art von natürlichen gemalten Kronleuchter entſtand, weit ſchöner, als es die Kunſt der Schmelzarbeit je hervorbringen oder nachahmen könnte o).

Unerklärbarkeit dieſer Erſcheinungen.

Dies ſind die Erſcheinungen, welche unſer Verfaſſer erzählet. Sie zu erklären, geſteht er ſelbſt, wiſſe er nicht; glaubet aber, daß eine bisher noch nicht entdeckte Structur dieſes Körpers, oder eine beſondere Modification der Lichttheilchen, die Newton ſelbſt noch nicht gekannt hat, ſie verurſachen möge. Es könnte auch, muthmaßet

o) Martins Eſſay on Island Cryſtal. p. 13.

muthmaßet er, die Urſache zum Theil in gewiſſen feinen Schatten liegen, die man an einigen polirten Stücken dieſes Kryſtalles wahrnimmt; die Ebenen dieſer Spalten ſtehen ſenkrecht auf die Ebene der ſenkrechten Brechung und ſind parallel mit der geraden Linie CF in fig. 94. Man erkennt dieſe Schatten durch die bunten Ringe, und ſie ſondern jedes von dem Parallelepipedum ein gleichwinklichtes Prisma ab. Huygens oder Newton thun ihrer keine Meldung, und Hr. Martin hat auch nur ein einziges Stück angetroffen, worinn ſie recht deutlich zu ſehen waren. Sie ſind fig. 101. abgebildet, wo die punctirten Linien ihre Durchſchnitte mit der Fläche des Kryſtalles anzeigen, die mit der Ebene der ſenkrechten Brechung DE rechte Winkel machen. fig. 101.

Es iſt Schade, daß Herr Martin von dieſen merkwürdigen Erſcheinungen keine genauere Umſtände angegeben hat. So weis man nicht einmal, wie man es anfangen müſſe, dieſe Verſuche zu wiederholen, weil er weder die brechenden Winkel ſeiner Prismen, noch die Lage ihrer Seitenflächen gegen die eigenthümlichen Seitenflächen des Kryſtalles angegeben hat. Indeſſen iſt es doch gut, daß man von dieſen Erſcheinungen unterrichtet iſt, und man muß hoffen, daß wenn ein Naturforſcher ſo glücklich ſeyn wird, ſie wieder zu erwiſchen, die Geſetze derſelben genauer werden beſchrieben werden, um den Urſachen nachſpüren zu können. Eine Hauptſchwierigkeit bey dieſen Unterſuchungen iſt, daß der Isländiſche Kryſtall nicht allein ſchwer zu poliren, ſondern auch ſelten durchſichtig genug zu dieſen Verſuchen zu finden iſt.

Neunter Abſchnitt.

Von dem Lichte faulender Körper, einiger Fiſche, des Seewaſſers und der Phosphoren.

Ueberhaupt gehöret ein ſtarker Grad von Hitze dazu, einen Körper zum Leuchten zu bringen; doch leidet dies bey faulenden Körpern, Phosphorus, wie auch bey Leuchtwürmern, und in andern ähnlichen Fällen eine Ausnahme. Des Lichtes, welches faulende Subſtanzen aus dem Thier- und Pflanzenreiche, wie auch Leuchtwürmer von ſich geben, erwähnet ſchon **Ariſtoteles**. **Thomas Bartholinus** führet vier Gattungen von leuchtenden Inſecten an, zwo mit Flügeln, und zwo ohne Flügel; allein in heißen Ländern ſollen nach dem Berichte der Reiſenden noch weit mehrere zu finden ſeyn. **Columna**, ein fleißiger Naturforſcher bemerket, daß ihr Licht nicht gleich nach dem Tode des Thieres aufhöret *a*). Licht ohne Wärme.

Die erſte umſtändliche Nachricht von dem an faulendem Fleiſche wahrgenommenen Leuchten finde ich bey dem **Fabricius ab Aquapendente**, der erzählet, daß an einigen Stücken Lammfleiſch, das von drey jungen Leuten zu Padua, die ſich am Oſtertage 1592 eine Mahlzeit von einem Lamme bereitet hatten, auf den folgenden Tag zurückgeleget war, zufälliger Weiſe im Finſtern ein Glanz bemerket iſt. Leuchtendes Fleiſch. Erſtes Beyſpiel.

Ein

a) Bartholinus de luce animal. p. 206.

Ein Theil dieſes leuchtenden Fleiſches wurde ſogleich an den Fabricius, der daſelbſt Profeſſor der Anatomie war, geſchicket. Er bemerkete, daß ſowohl das magere als das fette dieſer Stücke einen weißlichten Glanz hatte, und das etwas junges Ziegenfleiſch, das von ohngefehr dichte daran gelegen hatte, zugleich mit leuchtend geworden war; wie es auch die Finger und andere Theile des Körpers derjenigen Leute wurden, die dieſes Fleiſch anrühreten. [b]) Am helleſten glänzete das Fleiſch an denen Stellen, welche am weichſten anzufühlen waren, und gegen eine Lichtflamme gehalten, durchſichtig ſchienen; wo aber das Fleiſch dick und dichte war, oder wo ein Knochen nahe unter der Außenfläche lag, da glänzete es nicht [c]).

Zweytes Beyſpiel.

Die nächſte Beobachtung einer ſolchen Erſcheinung, welche ich angemerket finde, iſt erſt die von **Bartholinus** gemachte, welche er in ſeiner ſinnreichen Schrift de luce animalium mit vielem Gepränge beſchreibt. Eine alte arme Frau zu Montpellier hatte 1641 ein Stück Fleiſch auf dem Markte gekaufet, welches ſie den folgenden Tag kochen wollte. Sie hatte es in ihre Schlafkammer aufgehängt, und, da ſie eben die Nacht nicht ſchlafen konnte, ſahe ſie einen ſolchen Glanz an dem Fleiſche, daß die Stelle, wo es hieng, ganz helle davon ward. Ein Stück dieſes leuchtenden Fleiſches ward dem Gouverneur der Stadt, **Heinrich Bourbon**, Herzog von Conde', überbracht, der es einige Stunden lang, mit größtem Erſtaunen betrachtete. Das Licht dieſes Fleiſches ſchien weißlicht, und war nicht über der ganzen Fläche deſſelben verbreitet, ſondern nur an gewiſſen Stellen ſichtbar, als wenn eine Anzahl Diamanten von ungleichem Glanze darüber verſtreuet geweſen wäre. Man bewahrte das Fleiſch auf, bis es faul zu werden anfieng, worauf das Licht verſchwand, welches, wie ſich einige andächtige Leute einbildeten, in der Geſtalt eines Kreuzes geſchahe [d]).

Boyles Verſuche.

Von einem ſo allgemeinen Experimentaliſten, wie **Boyle**, wird man natürlicher Weiſe erwarten, daß er dergleichen leuchtende Körper vermittelſt ſeiner Luftpumpe wird unterſuchet haben. Wirklich machete er auch mit verfaultem Holze einen Verſuch, und fand, daß es im luftleeren Raume zu leuchten aufhörete, und ſeinen Glanz wieder erhielt, wenn die Luft wieder hineingelaſſen wurde, ſelbſt wenn es lange Zeit in dem luftleeren Raume geblieben war. Nur verſchwand der Glanz nicht ſogleich ganz völlig, nachdem die Luft ausgepumpet war, ſondern erſt eine kurze Zeit nachher. [e]) Zwar konnte er in einer verdichteten Luft keine Vermehrung des Leuchtens bemerken; welches er aber daher erklärete, daß er von dem Verhältniſſe des Lichtes durch ein ſo dickes und trübes Glas, wie er damals brauchte, zu urtheilen nicht im Stande war. Doch finde ich, daß das Licht eines leuchtenden Fiſches, der in eine Compreſſions-Maſchine vor der königl. Geſellſchaft im Jahr 1668 gebracht war, lebhafter geworden iſt. [f]) Seine vornehmſten Verſuche hat Boyle im October 1667 gemacht.

Dieſer

b) Bartholinus de luce animal. p. 183.
c) Aquapendente de viſione, p. 45.
d) Bartholinus de luce anim. p. 184.
e) Boyle's works, vol. 3. p. 156.
f) Birch's hiſtory, vol. 2. p. 254.

Dieſer Naturforſcher erſtreckete ſeine Aufmerkſamkeit auf mancherley zu dieſer merkwürdigen Erſcheinung gehörige Umſtände. Unter andern fand er, daß es um den Glanz fortdauernd zu erhalten, nicht nöthig ſey, dem verfaulten Holze friſche Luft zu geben; denn es leuchtete noch lange Zeit nachher, nachdem es in eine ſehr kleine zugeſchmolzene Glasröhre gethan war [g]), auch, wenn dieſe Röhre unter einem luftleeren Recipienten lag. Eben dieſes traf auch mit einem leuchtenden Fiſche ein, den er in Waſſer gethan und übrigens eben ſo, wie das Holz behandelt hatte [h]). Ferner bemerkete er an dem Glanze leuchtender Fiſche und verfaulten Holzes ſonſt noch einiges ähnliches, nur daß das letztere in Waſſer, Weingeiſt, allerhand Salzſohlen und andern Flüßigkeiten ſeinen Glanz ſogleich verlohr [i]). Waſſer aber löſchete doch nicht das Licht einiger Stücke leuchtenden Kalbfleiſches ſogleich aus, welches Weingeiſt den Augenblick that [k]).

Von leuchtenden Fiſchen.

Oft ſahe Boyle ſeine Verſuche mit leuchtenden Fiſchen mislingen, ungeachtet er ſie ſo genau, als es ihm vorkam, ganz auf dieſelbe Art behandelte, wie andere, die vorher geleuchtet hatten. Einmal da ſie nicht leuchten wollten, bemerkete er, daß das Wetter veränderlich, und einige Tage mit Froſt und Schnee vermiſchet war [l]). Ueberhaupt gebrauchete er Weißfiſche, (whitings) die er als die ſchicklichſten zu ſeiner Abſicht fand [m]). Doch finde ich in einem Vortrage von der Königl. Geſellſchaft im Jahre 1681. behauptet, daß von allem, was zu den Fiſchen gehöret, nichts ſo ſehr leuchte als gekochte Eyer von Hummern [n]). **Oliger Jacobäus** erzählet, daß ein Seepolype, da er geöffnet ward, ſo helle geleuchtet, daß einige Zuſchauer darüber in Schrecken gerathen; und führet dabey an, daß dieſes Thier, jemehr es in die Fäulung übergegangen, deſto leuchtender geworden ſey. Die Nägel und die Finger dererjenigen, die es berühreten, wurden auch leuchtend; es leuchtete ſogar die ſchwarze Feuchtigkeit, die aus dieſem Thiere quoll, und die ſeine Galle war, aber freylich nur ſchwach [o]).

Boyle von leuchtendem Fleiſche.

Es war zufälliger Weiſe, daß **Boyle** am Speiſefleiſche ein Leuchten beobachtete. Den 15. Februar 1672. ward einer von ſeinen Bedienten durch ein leuchtendes Stück Kalbfleiſch ſehr in Schrecken geſetzet, welches man einige Tage aufgehoben hatte, das aber ohne allen übeln Geruch und ganz eßbar war. Der Bediente hinterbrachte ſeinem Herrn dieſe wunderbare Begebenheit ſogleich, und dieſer, ob er gleich ſchon ſich ſchlafen geleget hatte, ließ es alſobald vor ſich bringen, und betrachtete es mit größter Aufmerkſamkeit. Weil er muthmaßete, es möchte der damalige Zuſtand der Atmosſphäre einigen Antheil an dieſer Erſcheinung haben, ſo führet er bey der Beſchreibung derſelben an, daß der Wind Südweſt und unruhig, die

g) Boyle's works, vol. 3. p. 158.
h) Ibid. p. 163.
i) Ibid. p. 166.
k) Ibid. p. 170. (Wegen der antiſeptiſchen Kraft des Weingeiſtes, der alle innerliche Bewegung hemmet, und damit auch die Wirkung derſelben, dieſes Leuchten, aufhebet. R.)
l) Boyle's works, p. 162.
m) Ibid. p. 163.
n) Birch's hiſtory, vol. 2. p. 70.
o) Acta Haſnienſia, vol. 5. p. 282.

die Witterung für die damalige Jahreszeit warm, der Mond über das letzte Viertel, und die Höhe des Queckſilbers im Barometer $29\frac{3}{16}$ Zoll war *p*).

Kälte hemmet das Leuchten.

Boyle machet eine umſtändliche Vergleichung zwiſchen dem Lichte glühender Kohlen und dem Lichte eines leuchtenden Fiſches oder Holzes, zu zeigen, worinn ſie übereinkommen, oder von einander abgehen. Unter andern bemerket er, daß eine ſehr ſtarke Kälte dem Holze das Leuchten benimmt, wie er erfuhr, da er es in eine Glasröhre that und in eine erkältende Miſchung hielt *q*). Vielleicht mochte die ſtrenge Kälte die Fäulung, welche die Urſache des Lichtes iſt, hemmen. Ferner bemerkete Boyle, daß verfaultes Holz durch das Leuchten nicht abzehrete, und daß man mittelſt des Thermometers nicht den geringſten Grad von Hitze daran entdecken konnte.

Leuchtende Art von Muſchel.

Es iſt eine merkwürdige Gattung von Muſchel, **Pholas** genannt, die ſich ſelbſt Hölen in allerley Arten Geſtein u. dgl. machet. Man findet ſie und ihre Zellen in den Pariſer Memoiren vom Jahre 1712. auf der 7. Kupfertafel fig. 1. 2. abgebildet. Daß dieſer Fiſch leuchte, hat ſchon **Plinius** bemerket *r*), welcher dabey anführet, daß er ſogar in dem Munde desjenigen, der ihn ißt, es thut, und deſſelben Hände und Kleid, wenn er ſie berühret, auch glänzend machet. Er erinnert dabey, daß der Glanz dieſes Fiſches von der Feuchtigkeit, die er an ſich hat, herrühre. Unter den Neuern haben die Umſtände bey dem Leuchten dieſes Thieres **Reaumür** und die Bononiſchen Akademiſten am ſorgfältigſten beobachtet; und unter den letztern beſonders **Beccarius**, eben der, welcher ſich mit der Unterſuchung des phosphoriſchen Lichtes ſo viel Mühe gegeben hat.

Reaumür bemerket, daß, anſtatt daß andere Fiſche leuchtend werden, wenn ſie in die Fäulung übergehen, dieſer deſto ſtärker glänzet, je friſcher er noch iſt; daß man ihm die Kraft zu leuchten, wenn er getrocknet iſt, durch Benetzung mit ſüßem oder ſalzigem Waſſer wiedergiebt; daß aber Branntewein ſie ihm augenblicklich benimmt *s*). Das Leuchten dieſes Fiſches immerwährend zu machen, verſuchte er zwar, konnte aber auf keine Weiſe damit zu Stande kommen *t*).

Die Bononiſchen Akademiſten wurden auf dieſe Sache im Jahre 1724 durch **Marſigli** aufmerkſam gemachet, der eine Parthey dieſer Fiſche und des Geſteines, worinne ſie anzutreffen ſind, nach Bononien brachte, um ſie der Akademie zur Unterſuchung vorzulegen.

Erfahrungen mit dem Waſſer, welches durch ſie leuchtend gemachet iſt.

Beccarius fand, daß dieſer Fiſch zwar aufhöre zu leuchten, wenn er faul wird, daß er aber, ſo faul als er auch immer geworden ſeyn mag, zu leuchten anfängt,

p) Birch's hiſtory, vol. 2. p. 169.

q) Ibid. p. 166.

r) Hiſt. nat. L. 9. cap. 61. Er nennt ſie Dactylos. K.

s) Es kann ſeyn, daß dieſer Fiſch auch lebend, vielleicht aber nur zu gewiſſen Zeiten leuchtet: aber das Leuchten wenn er getrocknet iſt, muß doch von der innerlichen Bewegung oder angehenden Fäulniß abhängen, weil es ſich nicht anders ereignet, als wenn der Fiſch mit Waſſer, dieſem unentbehrlichen Mittel zur innerlichen Bewegung benetzet iſt, und durch Weingeiſt ſogleich gehoben wird. C.

t) Mem. de l'Ac. de Paris, 1723. p. 290.

fängt, und das Waſſer, worinn er liegt, helle machet, wenn man ihn mit demſelben ſchüttelt *). Galeatius und Montius fanden, daß Wein oder Weineſſig *) dem Leuchten ein Ende macheten, daß es im gewöhnlichen Oele einige Tage fortdauerte, aber in rectificirtem Weingeiſte oder Urin kaum eine Minute ſich erhielt *).

Zu erfahren, wie dieſes Licht ſich bey verſchiedenen Graden der Wärme verändert, nahmen ſie ein Reaumürſches Thermometer, und fanden, daß das Waſſer, welches durch dieſe Fiſche zum Leuchten gebracht war, an Helligkeit zunahm, bis daß die Hitze auf 45 Grad ſtieg, worauf aber das Leuchten plötzlich aufhörete, und nicht wieder hergeſtellet werden konnte *).

Beccarius goß ſowohl eine Solution von Seeſalz, als eine von Salpeter zu dem leuchtenden Waſſer; die erſte verſtärkete das Leuchten, die zwote nicht ſo ſehr. Salmiak verminderte es ein wenig, zerfloſſen Weinſteinſalz vertrieb es beynahe, und Säuren benahmen es ganz und gar *). Dieſes Waſſer wurde noch leuchtender, wenn es auf friſch calcinirten Gyps, Bergkryſtall, Bleyweiß oder Zucker gegoſſen ward. Wie er hernach leuchtende Milch brauchete, fand er, daß ihr Licht durch Vitriolöl vertrieben, aber durch Weinſteinſalz verſtärket ward *).

Wirkung dieſes Lichtes auf gefärbte Körper.

Er hatte auch den Einfall, zu verſuchen, was dieſe Art Licht für Wirkung auf Körper von verſchiedenen Farben haben würde. Zu dem Ende tauchete er in Waſſer, das durch die Fiſche leuchtend gemachet war, Bänder von allerhand Farben, und der Erfolg war, daß das weiße am helleſten ausfiel, das gelbe dieſem am nächſten kam, worauf das grüne folgete; die andern Farben waren faſt gar nicht kenntlich. Man ſahe aber in dieſem Falle nicht ſowohl eine beſondere Farbe, ſondern bloß Licht. Darauf tauchete er auch Bretter von allerhand Farben, auch Glasröhren, die verſchiedentlich gefärbte Sachen enthielten, in das Waſſer. Auf beyderley Art war das rothe faſt nicht zu erkennen, gelb ſchien am helleſten, violet

u) Comm. Bonon. vol. 2. p. 232.

v) Wein und Weineſſig hemmen gleichfalls alle innerliche Bewegung auf eine beträchtliche Art; eben das thut das im Harne vorhandene flüchtige alkaliſche Salz. *C.*

w) Comm. Bonon. vol. 2. p. 254.

x) Ibid. p. 256. (Eine mäßige Wärme vermehret die innerliche Bewegung; eine zu groſſe Hitze hindert ſie. S. Eſſay ſur la putrefaction par Gardanne. *C.*)

y) Comm. Bonon. vol. 2. p. 257. (Salmiak vermindert das Leuchten, weil er durch ſeine Erkältung die innerliche Bewegung ſchwächet; zerfloſſen Weinſteinſalz iſt ein mächtiges Gegenmittel der Fäulung; noch ſtärker und kräftiger die Säuren. S. Pringle on ſeptic and antiſeptic ſubſtances — Gardanne. *C.*)

z) Comm. Bonon. vol. 2. p. 262. (Gyps wird durch ſtarkes Calciniren von ſeiner Säure faſt befreyet, und die Kalkerde iſt allerdings ſeptiſch. — Bey dem Zucker kömmt es auf die Menge deſſelben an: etwas weniges befördert die innerliche Bewegung, ſehr viel hemmet ſie, wie die in Zucker eingemachten und erhaltenen Vegetabilien beweiſen. — Daß die leuchtende Milch durch die concentrirteſte Säure ihres Lichtes beraubet wurde, iſt natürlich: wenn aber das Weinſteinſalz daſſelbe vermehret hat, muß davon nur ſehr wenig genommen worden ſeyn, dieſes wenige aber die in der Milch verſteckte Säure abſorbirt, und daher zur innerlichen Bewegung fähiger gemachet haben. *C.*)

am trübſten, doch kam auf den Brettern das blaue dem gelben faſt gleich, und das grüne war matter; dagegen mit den Glasröhren das blaue ſchwächer am Lichte war als das grüne [a]).

Andere Verſuche.

Unter allen Flüßigkeiten, in welche er die Pholaden brachte, ward Milch am leuchtendſten gemachet. Eine einzige Pholas ertheilete ſieben Unzen Milch einen ſolchen Glanz, daß man dadurch die Geſichter der Umſtehenden zu unterſcheiden im Stande war. Sie ſah wie durchſichtig aus [b]).

Zur Hervorbringung dieſes Lichtes ſchien die Luft nothwendig zu ſeyn. Denn da **Beccarius** leuchtende Milch in Glasröhren goß, konnte er ſie durch kein Schütteln zum Leuchten bringen, wenn nicht Luftblaſen mit ihr vermiſchet waren [c]). Desgleichen bemerkten **Montius** und **Galeatius**, daß unter einem luftleeren Recipienten die Pholaden ihr Leuchten verlohren, wiewohl Waſſer bisweilen leuchtend blieb; ein Umſtand, den ſie dem Aufſteigen der Luftblaſen in dem Waſſer zuſchrieben [d]).

Dauer dieſes Leuchtens.

Beccarius ſowohl als **Reaumür** verſucheten auf allerhand Art der Vergänglichkeit des Leuchtens dieſer Pholaden abzuhelfen. Zu dem Ende knetete jener den Saft dieſes Thieres mit feinem Weizenmehle zu einem Teige, und fand, daß dieſer in warmes Waſſer getauchet Licht von ſich gab; am beſten gelang es, wenn der Fiſch in Honig aufbewahret ward. Auf jede andere Art wollte ſich das Leuchten nicht länger als ein halbes Jahr erhalten laſſen, aber mit Honig ließ es ſich über ein Jahr erhalten, und ſelbſt alsdenn noch leuchtete die Maſſe, wenn ſie in warmes Waſſer getauchet war, ſo gut wie nur jemals vorher [e]).

Einige Aehnlichkeit mit dieſen Wahrnehmungen an den Pholaden, hat die, welche an feuchtem aber nicht verfaultem Holze gemachet ward, das im Finſtern ſehr ſtark glänzete [f]).

Leuchtende Fiſche und Salzbrühe.

Einige gute Wahrnehmungen von dem Leuchten gewiſſer Fiſche, und der Salzbrühe, in welcher ſie gelegen haben, machete Dr. **Beal** ſchon im Jahre 1665. und man hätte dadurch, wenn man dieſe Erfahrungen beſſer genutzet hätte, vielleicht hinter die Urſache dieſer Erſcheinungen kommen können. Da ſeine Köchinn gekochte Makreelen mit Salz und ſüßen Kräutern in Waſſer gethan hatte, und nach einiger Zeit ſie umrührete, um einen Theil heraus zu nehmen, fand ſie gleich bey der erſten Bewegung des Waſſers, daß es ſehr helle ward, und daß die Fiſche, welche durch das Waſſer heraus leuchteten, den Glanz deſſelben ſehr vermehreten. Das Waſſer hatte eigentlich keine Farbe, ſondern war dicke und ſchwärzlicht; dennoch leuchtete es, wie es umgerühret ward, und die Fiſche noch mehr als das Waſſer. Wo Tropfen dieſes Waſſers, wenn es umgerühret war, hinfielen, leuchteten ſie, und die Kinder vom Hauſe beluſtigten ſich damit, dergleichen Tropfen auf die Hand zu nehmen und damit herumzulaufen. Die Köchinn bemerkte, daß die untere Seite dieſes Fiſches nicht leuchtete, wie auch, daß das Waſſer, wenn es einige

a) Comm. Bonon. vol. 2. p. 260.
b) Ibid. p. 261.
c) Ibid. p. 264.
d) Ibid. p. 268.
e) Ibid. p. 273.
f) Acta Caeſarienſia, vol. 5. p. 485.

nige Zeit ſich zu ſetzen gehabt hatte, ſeinen Glanz verlohr. Den folgenden Tag leuchtete das Waſſer nur ſchwach, wenn man es nicht ſehr ſtark umrührete, wiewohl die Fiſche ſowohl inwendig als auswendig zu leuchten fortfuhren, insbeſondere um den Schlund, und an denen Stellen, die durch das Kochen etwas entzwey gegangen zu ſeyn ſchienen.

Dr. **Beal** unterſuchete ein Stück eines Fiſches, der den Abend zuvor ſtark geglänzet hatte, mit Hülfe des Vergrößerungsglaſes im Sonnenlichte, fand aber daran nichts merkwürdiges, außer daß, wie es ihm vorkam, ein mehr ſchwärzlicher als leuchtender Dampf, wie ein feiner Staub von dem Fiſche aufſtieg, und einige ſehr kleine, faſt unmerkliche Funken ſich hin und wieder daran zeigeten. Wegen der Funken hielt er ſich ſicher, aber der Dampf war, ſeiner Meynung nach, vielleicht nur ein Augenbetrug oder Staub, der ſich in der Luft aufgehalten.

Weil der Fiſch ganz trocken geworden war, benetzete er ihn mit ſeinem Speichel, und fand, daß er nunmehr etwas Licht von ſich gab, das aber nur kurze Zeit dauerte. Er war damals weder ſtinkend, noch für eine feine Zunge unſchmackhaft geworden. Zweene von dieſen Fiſchen bewahrete er zu fernern Verſuchen zween bis drey Tage auf; ſie wurden aber wegen des ſehr heißen Wetters ſtinkend, und wollten, wider ſeine Erwartung, nicht mehr leuchten, ſo wenig als das Waſſer, wenn es gleich umgerühret ward *g*).

Hr. **A. R. Martin** hatte ſchon vielerley Verſuche mit dem Leuchten der Fiſche angeſtellet, ehe er fand, daß man ihm in dieſer Unterſuchung ſchon lange zuvor gekommen war. Indeſſen ſind doch manche ſeiner Beobachtungen neu und wichtig. Allen Seefiſchen glaubete er die Eigenſchaft des Leuchtens zuſchreiben, und den Fiſchen aus inländiſchen Waſſern ſie abſprechen zu können. Die Farbe der Fiſche that nicht viel zur Sache, doch fand er, daß weiße Fiſche, zumal die mit weißen Schuppen am beſten glänzeten. Die Beſprengung mit Salze, oder eine gelinde Erwärmung vermehreten das Leuchten, welches aber bey ſtärkerem Feuer verſchwand. Dieſes ſtimmet mit andern von ihm gemachten Beobachtungen überein, daß die Fiſche ſo lange leuchten, als noch etwas Feuchtigkeit an ihnen bleibt, und daß dieſe Feuchtigkeit höchſt flüchtig iſt. Denn da er die leuchtende Materie mit einem Meſſer vom Blackfiſche abnahm, verſchwand ihr Glanz, ſobald ſie nur im geringſten der Wärme eines brennenden Lichtes genähert wurde, obgleich noch eine klebrichte, braune, ölichte Feuchtigkeit übrig blieb, die im Feuer gebrannt, ſich in Blaſen auflöſet. Fleiſch von Vögeln und Thieren leuchtet zwar, ſaget er, aber nicht ſo lebhaft, wie das von Fiſchen *h*). An einem Orte, wo eine Leiche 14 Tage lang geſtanden, habe er eine ſonderbare graue Feuchtigkeit bemerkt, die ſich wie ein Dampf an der Kammer allenthalben angeſetzet, und ſchwer abzubringen geweſen; vermuthlich, ſaget er, würde er daſelbſt Wände und Dach leuchtend gefunden haben.

Martins Beobachtungen von dem Leuchten der Fiſche.

g) Philoſ. Tranſ. abr. vol. 3. p. 639.

h) Daß die Fiſche lebhafter leuchten, als andere Thiere, rühret daher, weil ſie leichter in Fäulniß gehen. *C.*

Man könne hieraus auch den Glanz erklären, den man in den Gräbern der Alten geſehen, und für ewige Lampen gehalten hat [i]).

Boyle von dem Leuchten der See.

Daß die See manchmal leuchtet, beſonders wenn ſie durch das Schlagen der Ruder oder durch das Anſtoßen gegen ein Schiff in Bewegung geſetzet wird, iſt von vielen mit Bewunderung bemerket worden. Boyle erzählet uns erſt alle Umſtände dieſer Erſcheinung, ſo gut er ſie von Seefahrern mitgetheilet bekommen konnte: als daß die See bisweilen, ſo weit das Auge reichen kann, leuchtet, und zu anderer Zeit es nur thut, wenn das Waſſer an einen Körper anſchlägt; daß in einigen Gewäſſern dieſe Erſcheinung mit gewiſſen Winden verknüpfet iſt, in andern nicht; daß bisweilen ein Theil der See leuchtet, ein anderer benachbarter nicht; und beſchließt ſeine Nachricht mit der Erklärung, daß er dieſe ſonderbaren Erſcheinungen an großen Waſſermaſſen, nicht wohl anders als von gewiſſen allgemeinen Geſetzen unſerer Erdkugel oder doch unſers planetariſchen Wirbels herzuleiten wiſſe [k]). Allein wir werden finden, daß dieſer Naturforſcher ſich viel zu hoch nach der Urſache dieſer Begebenheit, ſo groß und prächtig ſie auch in die Augen fällt, umſieht.

Des P. Bourzes Wahrnehmungen.

Der Pater Bourzes beobachtete auf ſeiner Reiſe nach Indien im Jahre 1704. das Leuchten der See mit Aufmerkſamkeit, ſcheint aber doch nicht die wahre Urſache davon, nämlich die faulende Materie in der See, errathen zu haben, ungeachtet die von ihm angeführten Umſtände ihn darauf hätten bringen müſſen. Bisweilen war das Licht ſo ſtark, daß er den Titel eines Buches dabey leſen konnte, ob er gleich neun bis zehn Fuß über der Oberfläche des Waſſers ſtand. Manchmal konnte er auf der Spur des Schiffes im Waſſer die leuchtenden und nicht leuchtenden Theile unterſcheiden. Die erſtern hatten nicht alle einerley Geſtalt, ſondern ſahen zum Theil wie leuchtende Puncte aus, oder ſo wie Sterne dem bloßen Auge vorkommen; zum Theil wie Kugeln, einige von einer bis zwo Linien im Durchmeſſer, von der Größe eines Menſchenkopfes. Bisweilen bildeten ſie Rechtecke, drey bis vier Linien lang, und eine oder zwo breit. Zu Zeiten waren alle dieſe verſchiedenen Figuren auf einmal zu ſehen, und bisweilen zeigeten ſich Lichtwirbel, wie er es nennt, welche zu einer gewiſſen Zeit plötzlich, wie Blitze, erſchienen und verſchwanden.

Nicht bloß die Spur des Schiffes im Waſſer war es, welche ſolchergeſtalt leuchtete, ſondern auch die Fiſche bezeichneten ihren Weg durch einen ſo lichten Strich, daß man ſie der Größe und Gattung nach erkennen konnte. In dem aus der See geſchöpften Waſſer ſahe er allemal, wenn er es mit der Hand im Dunkeln nur ganz wenig umrührete, eine unzählige Menge Lichttheilchen. Eben dieſe nahm er auch an Stücken Leinewand wahr, die er in die See getauchet hatte, wenn er ſie im Dunkeln auswand, auch dann noch, wenn ſie halb trocken waren. Die Funken, welche auf einen harten Körper fielen, behielten einige Stunden lang ihren Glanz.

Den

i) Schwed. Abhandl. 23 B. S. 225. k) Philoſ. Tranſ. vol. 59. p. 450.

Den Hauptgrund dieſer Erſcheinung ſuchet dieſer Ordensgeiſtliche hauptſächlich in der Beſchaffenheit des Seewaſſers, weil er zuverläßig bemerkt zu haben glaubete, daß das Waſſer, je fettiger und ſchäumender es war, deſto ſtärker leuchtete. Denn auf der offenbaren See, ſaget er, iſt das Waſſer nicht allenthalben gleich reine, und Leinewand, die man darein tauchet, iſt bisweilen ſchmierigt, wenn man ſie wieder herauszieht; auch bemerket er, daß das Seewaſſer zu der Zeit, wenn die Spur des Schiffes am helleſten glänzete, am fetteſten und ſchmierigſten war, und daß Leinewand, die damit befeuchtet worden, lebhaft glänzete, wenn man ſie ſtark ſchüttelte. Ferner nahm er an einigen Stellen der See eine Materie, wie Sägeſpäne, wahr, die bisweilen roth, bisweilen gelb ausſah, und hier befand er das Waſſer, welches er ſchöpfete, allemal ſchmierigt und klebricht [l]). Die Seeleute erzähleten ihm, daß dieſes Wallrath wäre, welches man nach Norden hin in großer Menge anträfe, wo die See weit und breit helle leuchtete, ohne daß ſie von einem Schiffe oder Fiſche in Bewegung geſetzet würde. Seine Erklärung.

Zur Beſtätigung ſeiner Meynung, daß das Seewaſſer deſto mehr leuchtet, je klebrichter es iſt, führet er an, daß ſie eines Tages einen Fiſch, **Boneta** genannt, gefangen, deſſen Maul inwendig ſo helle geweſen, daß er bloß durch deſſen Licht eben die Schrift habe leſen können, die er zuvor bey dem Scheine der Schiffsſpur geleſen hatte; und daß das Maul dieſes Fiſches voll von einer klebrichten Materie geweſen, die ein Stück Holz, ſogleich als ſie darauf geſchmieret worden, leuchtend gemachet habe, wiewohl dieſer Glanz alſobald, da die Materie trocken geworden, verſchwunden ſey [m]).

Der Abbé **Nollet** gab ſich bey ſeinem Aufenthalte zu Venedig im J. 1749. viele Mühe, die Urſache des Leuchtens des Seewaſſers zu erforſchen, und glaubete endlich dieſelbe in einem gewiſſen leuchtenden Inſecte zu finden, das er auch umſtändlich beſchreibt [n]). Auf eben dieſe Vermuthung war ſchon vorher **Vianelli** Doctor der Arzneykunſt zu Chioggia in der Nachbarſchaft von Venedig gekommen, der nebſt **Grizellini**, einem Arzte zu Venedig, Zeichnungen der Inſecten, welchen ſie das Leuchten zugeſchrieben, bekannt gemachet haben [o]). Nollet leitet es von Inſecten her.

Der Abbé ward in ſeiner Meynung durch eine Beobachtung beſtärket, welche er einige Zeit nachher von der Bewegung einiger leuchtenden Theilchen in der See machete. Als er in dem Hafen zu Porto fino das Seewaſſer leuchtend fand, legete er ſich mit dem Bauche auf die Erde am Ufer, und ſtreckete ſeinen Kopf über die Oberfläche

l) Die Fettigkeit und Schwierigkeit zeiget die große Menge von faulenden Theilen an, die ſich zu der Zeit im Seewaſſer befinden, welches eben deswegen deſto ſtärker leuchten muß. C.)

m) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 5. p. 213.

n) Mem. de l'Ac. de Paris, 1750. p. 88. (Es war nur ein paar Stunden vor ſeiner Abreiſe, daß Nollet dieſe Beobachtung machete, und nachher konnte er nie wieder gute Gelegenheit finden, ſie zu wiederholen. K.)

o) Der erſte in einer Schrift, nuove ſcoperte intorno le luci notturne dell' acqua marina etc. Der zweyte in einer franzöſiſchen Schrift, nouvelles obſervations ſur la ſcolopendre marine. Nach der Zeichnung und Beſchreibung beyder Verfaſſer iſt es eine ſcolopendra. Nollet a. a. O. K.)

Oberfläche der See hinaus, worauf er dieſe Theilchen von dem mit Seegraſe bewachſenen Boden bis ganz herauf auf eben die Art ſpringen ſahe, wie es Inſecten zu thun pflegen. Allein, wenn er ſie haſchen wollte, fand er bloß leuchtende Flecke auf ſeinem Schnupftuche, die durch den Druck ſeiner Finger breiter wurden.

le Roi will es den Inſecten nicht zuſchreiben.

Herr le Roi, der gleich nachher, nachdem Nollet dieſe Wahrnehmungen gemachet, eine Reiſe auf dem mittelländiſchen Meere that, bemerkete, daß das Vordertheil des Schiffes im Seegeln bey Tage eine Menge kleiner Theilchen in die Höhe warf, die im Zurückfallen ein paar Secunden lang auf der Oberfläche der See hinrolleten, ehe ſie ſich damit vermiſchten; und eben dieſe Theilchen, wie er es vermuthete, ſchienen bey Nacht feurig. An dem Waſſer, das er aus der See ſchöpfen ließ, zeigeten ſich eben die Funken, wenn es in Bewegung geſetzet ward; aber eben ſo wie es bey des Dr. Beal Verſuche gieng, ereignete ſich auch hier es, daß jede folgende Bewegung des Waſſers weniger Licht hervorbrachte, als die vorhergehende, wofern man es nicht einige Zeit hatte ruhen laſſen, in welchem Falle eine neue Bewegung es faſt eben ſo glänzend machete, wie zu allererſt *p*). Er fand, daß dieſes Waſſer die Eigenſchaft, durch Bewegung leuchtend zu werden, einen bis zween Tage behielt, ſie aber ſogleich verlohr, wenn es an das Feuer geſetzet ward, ungeachtet es nicht zum Kochen kam *q*).

Nach ſorgfältiger Unterſuchung dieſer Erſcheinung war er gar nicht geneigt, ſie irgend einigen leuchtenden Inſecten zuzuſchreiben, beſonders weil er die mit ſeinem Schnupftuche aufgefangenen leuchtenden Puncte rund wie große Stecknadelknöpfe fand, ohne einige Merkmale, daß es Thiere ſeyn könnten, ſo genau als er auch ſie durch das Vergrößerungsglas betrachtete. Er fand auch, daß ein wenig Weingeiſt zu friſch geſchöpftem Seewaſſer gegoſſen, darauf eine große Menge kleiner Funken hervorzubringen im Stande war, die noch länger, als die auf der See befindlichen ſichtbar blieben. Alle Säuren, wie auch manche andere Flüßigkeiten, thaten dieſelbe Wirkung, wiewohl nicht ſo merklich; allein keine neue Bewegung konnte bey dieſem Verfahren den Glanz wieder herſtellen *r*). Inzwiſchen läugnet Hr. le Roi gar nicht, daß es leuchtende Inſecten in der See gebe. Er giebt zu, daß die Herren Nollet und Vianelli dergleichen wirklich gefunden, behauptet aber, daß die eigentliche Haupturſache des Leuchtens der See noch eine andere ſey, wiewohl er nicht einmal muthmaßlich davon etwas angiebt *s*).

Die vorher angeführten Wahrnehmungen des Pater **Bourzes**, machen es ſchon ſehr wahrſcheinlich, daß das Leuchten der See von ſchleimichten und andern faulenden

p) Wenn man es einige Zeit ruhen ließ, konnte während derſelben neue Materie in Fäulung gehen, und dadurch leuchten. *C.*

q) Memoires preſentés, vol. 3. p. 144. (Der Grad des Feuers, der hier ſo ſtark war, hemmete auf einmal die innere Bewegung. *C.*)

r) Dieſe große Menge Funken auf die Zugießung von Weingeiſt und Säuren entſtand daher, weil dieſe, indem ſie die innerliche Bewegung auf einmal plötzlich unterbrachen, alle die entwickelten Feuertheile in ſtärkere Bewegung brachten: neue konnten ſich aber nicht entwickeln, weil wegen hinzugegoſſenen Weingeiſtes alle innerliche Bewegung aufhörete. *C.*

s) Memoires preſentés, vol. 3. p. 152.

faulenden, in der See häufig vorhandenen Materien herrühre; allein einige neuere Verſuche des Herrn Canton ſcheinen dieſe Erklärung entſcheidend zu beſtätigen. Man kann ſie als eine Hrn. Canton eigenthümliche anſehen, weil Pater Bourzes, wenn er gleich das Leuchten der See von gewiſſen auf derſelben ſchwimmenden Materien herleitet, dennoch ihren Uebergang in die Fäulung gar nicht als einen bey der Sache weſentlichen Umſtand anſieht. Die Cantoniſchen Verſuche ſind um deſto ſchätzbarer, weil ſie ſo leicht ſind, daß jeder ſie nachmachen, und ſich von der Richtigkeit der daraus hergeleiteten Folgerungen verſichern kann.

Beweiſe aus Cantons Verſuchen.

Am 14. Junius 1768. des Abends legete er einen kleinen friſchen Weißfiſch, (whiting) in ein Stübchen Seewaſſer, in eine etwa 14 Zoll weite Pfanne, und bemerkete, daß weder der Fiſch noch das Waſſer durch Bewegung leuchtend ward. Ein Fahrenheitiſches Thermometer ſtand in dem Keller, wo die Pfanne hingeſetzet ward, auf 54 Grad. Die folgende Nacht war derjenige Theil des Fiſches, der mit der Oberfläche des Waſſers gleich lag, leuchtend, das Waſſer ſelbſt war dunkel. Er fuhr mit dem Ende eines Steckens durch das Waſſer, worauf es längſt dem ganzen Wege, den der Stecken genommen, leuchtend ward, aber nirgendswo anders. Allein, wie er alles Waſſer umrührete, ward es durchgehends leuchtend, und ſahe wie Milch aus, ſo daß die Seiten der Pfanne davon helle wurden, und in dieſem Zuſtande blieb es noch eine Weile, nachdem es wieder ruhig geworden war. Am helleſten war das Waſſer, nachdem der Fiſch 48 Stunden etwa darinn gelegen hatte, wollte aber nach drey Tagen nicht mehr leuchten, wenn es gleich umgerühret ward.

Darauf goß er ein Stübchen ſüßes Waſſer in eine Pfanne, und eben ſo viel Seewaſſer in eine andere Pfanne, und that in jede einen friſchen Hering etwa 6 Loth ſchwer. Die folgende Nacht war die ganze Oberfläche des Seewaſſers helle, ohne daß es brauchte umgerühret zu werden, leuchtete aber nach dem Umrühren weit mehr; desgleichen war der Obertheil des Herings, der ziemlich tief unter der Fläche des Waſſers lag, ſehr glänzend: allein das ſüße Waſſer und der darinn befindliche Hering waren ganz dunkel. Auf der Oberfläche des Seewaſſers zeigeten ſich hin und wieder einige ſehr helle Tüpfelchen, und ſie ſchien bey dem Scheine einer Lichtflamme über und über mit einem ſchmierigten Schaume bedecket zu ſeyn. Die dritte Nacht war das Licht des Seewaſſers, wenn es ſtille geſtanden hatte, ſehr wenig oder gar nicht geringer als zuvor; aber durch das Umrühren ward es ſo ſtark, daß man die Zeit auf einer Uhr dadurch erkennen konnte, und der Fiſch in demſelben ſchien wie ein dunkler Körper. Hierauf nahm das Licht augenſcheinlich ab, wiewohl es nicht eher als mit der ſiebenten Nacht ganz verſchwunden war. Das ſüße Waſſer mit dem Fiſche darinne blieb dieſe ganze Zeit völlig dunkel. Das Thermoter war faſt immer über 60 Grad.

Nun nahm er auch ſtatt des Seewaſſers anderes, in welchem er ſo viel Seeſalz aufgelöſet hatte, daß es nach der Salzprobe gleiche eigenthümliche Schwere mit dem Seewaſſer bekam, zugleich ſchüttete er auch zwey Pfund Salz in ein anderes Stübchen Waſſer, und legete ſowohl in dieſes als in jenes einen kleinen fri-

ſchen Hering. Den folgenden Abend war die ganze Fläche des künſtlichen Seewaſſers leuchtend, ohne daß es umgerühret ward, und leuchtete noch beſſer, wenn dieſes geſchahe. In allem verhielte es ſich genau ſo wie das wahre Seewaſſer; aber das andere Waſſer, das beynahe ſo ſalzig als möglich war, wollte gar kein Licht von ſich geben [t]). Der Hering, der aus dieſem den ſiebenten Abend genommen, und von dem Salze ausgewaſchen wurde, war derb und ſüß; der Hering aus dem erſten war weich und faulicht, und das noch mehr als ein anderer, der eben ſo ſo lange im ſüßen Waſſer auf behalten war. Wird ein Hering, bey warmer Witterung, in zehn Stübchen künſtlichen Seewaſſers ſtatt eines Stübchens geleget, ſo wird das Waſſer, wie Hr. Canton gefunden, noch immer leuchtend, nur nicht ſo ſtark wie ſonſt gefunden werden.

Aus dieſen Verſuchen erhellet, daß das im Seewaſſer enthaltene Salz die Fäulung befördert, welches mit des **Sir John Pringle** merkwürdiger Beobachtung übereinſtimmet [u]). Weil aber diejenige Menge Salz, welche juſt die Fäulung am meiſten befördert, geringer iſt, als die im Seewaſſer enthaltene, ſo ſchließt Herr Canton daher, daß das Seewaſſer, wenn es weniger ſalzig wäre, noch leuchtender ſeyn würde.

Große Hitze hemmet die Fäulung.

Aus einigen der erſten Wahrnehmungen von dieſer Erſcheinung erhellete, daß die Hitze faulenden Materien das Leuchten benahm, ein Umſtand, worauf auch Hr. Canton Acht gegeben, als der bemerket, daß, wenn gleich die größeſte Sommerhitze der Fäulung beförderlich iſt, dennoch eine um zwanzig Grad größere Hitze als die Wärme des menſchlichen Blutes, ſie zu hindern ſcheine. Denn, da er ein kleines Stück eines leuchtenden Fiſches in eine dünne Glaskugel gethan hatte, fand er, daß Waſſer, welches bis zum 118. Grade erhitzet war, das Leuchten dieſes Stückes in weniger als einer halben Minute vertrieb; daß es aber, wie es aus dem Waſſer genommen ward, ſein Licht in etwa 10 Secunden wieder bekam, wiewohl es niemals ſo helle wie zuerſt glänzete.

Die vom Hrn. **Martin** vorher angeführte Bemerkung, daß er mit Fiſchen aus ſüßem Waſſer vergebens verſuchet hätte, ſie zum Leuchten zu bringen, fand Hr. Canton auch richtig, nur daß er einmal doch durch ein Stück von einem Karpen das Waſſer ſehr leuchtend machete, wiewohl die Außenſeite, oder der ſchuppichte Theil gar nicht glänzete.

Recept zum künſtlichen Seewaſſer.

Denen zu gefallen, welche ſeine Verſuche nachzumachen Luſt haben möchten, führet er an, wie künſtliches Seewaſſer ohne Salzprobe zu erhalten ſteht, nämlich durch vier Unzen Salz Avoir du poiſe Gewicht, vermiſchet mit ſieben Röſeln Waſſer, Weinmaaße [v]).

Vielleicht

t) Nach Sir John Pringle Verſuche iſt das mit ſehr wenig Salz verbundene Waſſer ſeptiſch; hingegen ſehr viel Salz in wenig Waſſer aufgelöſet, antiſeptiſch. (Exper. 25.) Daher konnte der Hering in dem äußerſt ſalzigen Waſſer nicht faulen, alſo auch nicht leuchten. *C.*

u) On ſeptic and antiſeptic ſubſtances, exper. 25. *C.*

v) Philoſ. Tranſ. vol. 59. p. 446 ſqq.

Vielleicht ſind einige Arten faulender Materien, die ſtark leuchten, zugleich flüchtig, daß daher die feurige Erſcheinung entſteht, welche man ignis fatuus zu nennen pfleget, die bey dem gemeinen Manne insbeſondere ſo übel berüchtigte Irrwiſche. Dieſe laſſen ſich hauptſächlich an feuchten Orten, auch wohl auf Kirchhöfen, und in der Nähe von Miſthaufen ſehen. Nach dem Berichte der Reiſenden werden ſie beſonders häufig in der Gegend um Bologna in Italien und in verſchiedenen Gegenden von Spanien und Aethiopien angetroffen. Ihre Geſtalt und Größe iſt mancherley w). Irrlichter.

Verſchiedene Naturkündiger, insbeſondere **Willoughby** und **Ray** haben geglaubet, daß dieſe Irrlichter von leuchtenden Inſecten herrühreten; allein ohne wahrſcheinliche Gründe für dieſe Meynung. **Newton** nennt ſie einen leuchtenden Dunſt ohne Hitze, und glaubet, daß zwiſchen dieſem Dunſte und einer Flamme eben ein ſolcher Unterſchied ſey, wie zwiſchen Holze, das ohne zu brennen leuchtet, und einer glühenden Kohle x). Die Richtigkeit dieſes Gedanken, und die Uebereinkunft des Lichtes dieſes ohne Hitze feurigen Dunſtes mit dem Lichte faulender Materien, wird, wie ich glaube, aus den Beſchreibungen erhellen, die uns Dr. **Derham** und **G. B. Beccari** davon geliefert haben. Was ſie ſeyn mögen.

Der erſtere nahm einſt auf einem moraſtigen Grunde, zwiſchen zween felſigten Hügeln, in einer dunkeln und ſtillen Nacht, einen Irrwiſch wahr, und näherte ſich demſelben allmählig bis auf drey oder vier Ellen, daß er ihn alſo aufs bequemſte beobachten konnte. Es hüpfete dieſe Erſcheinung um einen verdorrten Dornbuſch herum, als wegen einer kleinen, vermuthlich durch ſeine Annäherung verurſachten Bewegung der Luft, ſie nach einer andern Stelle fortſprang, und immer vor ihm her lief, ſo wie er ſich derſelben näherte. Er war ſo nahe heran gekommen, daß, wenn die Erſcheinung von Leuchtwürmern verurſachet wäre, er nach ſeiner Meynung nothwendig die einzelnen leuchtenden Theilchen, woraus es alsdenn beſtanden hätte, müßte haben unterſcheiden können. Allein es war ein einziger zuſammenhängender Lichtkörper, und deswegen hält er es für einen feurigen Dunſt y). Derhams Beobachtung.

Beccari erkundigte ſich ſorgfältig wegen dieſer Erſcheinung bey allen ſeinen Bekannten, die Gelegenheit, es auf der Ebene oder auf den Bergen zu beobachten, gehabt hatten. Er erfuhr, daß zwey ſolcher Lichter, die auf der Ebene theils Nordwärts theils Oſtwärts von Bologna ſich ſehen ließen, faſt jede dunkle Nacht da anzutreffen wären, das letztere insbeſondere, und daß ſie etwa ſo helle, wie ein Bündel Reißholz leuchteten. Das auf der Oſtſeite gewöhnliche Licht begleitete einmal einen ſeiner Freunde über eine Meile lang, immer vor ihm her, und leuchtete noch ſtärker, als die Fackel, welche er ſich vortragen ließ. Alle dieſe leuchtende Erſcheinungen, Irrlichter um Bologna.

w) Muſſchenbroek, introductio, vol. 2. p. 1062.

x) Newtoni Opt. L. 3. Qu. 10. p. 294.

y) Mit dieſem Lichte kömmt gewiſſermaßen dasjenige überein, welches um den Leib und das Bette einer Frauensperſon zu Meiland entſtand, und bey Annäherung der Hand ſich zurückzog, zuletzt aber durch die Bewegung der Luft verſchwand. Acta Caſſarienſia, vol. 3. p. 11.

ſcheinungen, ſaget er, wären helle genug geweſen, die Gegenſtände in der Nähe zu erleuchten, und man hätte ſie immer in Bewegung, wiewohl in ſehr unordentlicher geſehen. Bisweilen hätten ſie ſich erhoben, und bald wieder geſenket, wären aber doch mehrentheils etwa ſechs Fuß vom Boden ſchwebend geblieben. Auch wären ſie plötzlich verſchwunden, und an einem andern Orte ſogleich wieder zum Vorſchein gekommen. Sie wären ſich in Abſicht an Figur und Größe nicht gleich, ſondern breiteten ſich einmal ziemlich weit aus, und zögen ſich ein andermal wieder zuſammen; zertrenneten ſich in zwey Stücke und vereinigten ſich wieder; flößen zuweilen mit einer Art von wellenförmiger Bewegung dahin, und ſtreueten gleichſam Feuerfunken aus. Man verſicherte ihn, daß keine dunkle Nacht im Jahre wäre, da ſie nicht erſchienen; und man nahm ſie noch häufiger im Winter nach gefallenem Schnee, als in den heißeſten Sommertagen wahr. Regen und Schnee waren der Erſcheinung dieſer Lichter ſo wenig hinderlich, daß ſie vielmehr bey feuchtem und regnichtem Wetter ſtärker leuchteten. Der Wind that ihnen aber nichts z).

Der Boden an der Oſtſeite von Bologna, wo das größte dieſer Lichter ſich ſehen ließ, iſt ein hartes, kreidichtes und thonichtes Erdreich, worauf das Waſſer lange ſtehen bleibt, und hernach, bey heißem Wetter, große Ritzen entſtehen. Hingegen auf den Bergen, wo dieſe feurige Erſcheinungen kleiner waren, war der Boden von lockerer ſandigter Art, der das Waſſer bald einſog. Den beſten Nachrichten, die er einziehen konnte, zufolge, ließen dieſe Lichter ſich häufig an Bächen und Flüſſen ſehen, vielleicht deswegen, wie er ſaget, weil der Zug der Luft ſie leichter dahin als nach einem andern Orte treibt a).

Zum Beſchluß führet er noch folgenden merkwürdigen Bericht eines verſtändigen Mannes von einer ſolchen Erſcheinung an. Dieſer reiſete im Merz, zwiſchen acht und neun Uhr des Abends, eine bergigte Straße, etwa zehen Meilen ſüdwärts von Bologna, und bemerkete ein ſehr helles Licht, das ſich auf einigen an dem Ufer des Fluſſes Rioverde liegenden Steinen zeigete. Es ſchien etwa zween Fuß über den Steinen erhaben, und nicht weit vom Waſſer zu ſeyn, und glich einem etwas über einen Fuß langen und einen halben Fuß hohen Parallelepipedum, deſſen längſte Seite horizontal war, und leuchtete ſo ſtark, daß man dadurch einen Theil einer in der Nähe liegenden Hecke, und das Waſſer des Fluſſes erkennen konnte. Bloß an der oſtlichen Ecke war der Glanz etwas ſchwach, und die eckigte Seite abgerundet. Der Reiſende gieng aus Neugierde langſam darauf zu und ſahe zu nicht geringerer Verwunderung, daß ſo wie er näher kam, das hellrothe Licht ſich erſt in ein gelblichtes, und darauf in ein blaßfärbichtes verwandelte, und ganz verſchwunden war, wie er an die Stelle ſelbſt kam. Hierauf gieng er wieder zurück, und erblickte es nicht allein aufs neue wieder, ſondern fand auch, daß es deſto heller ward, je weiter er zurückgieng. Auf der Stelle, wo dieſe feurige Erſcheinung ſich hatte ſehen laſſen, konnte er nicht den geringſten Geruch, oder ſonſt ein Merkmal eines Feuers bemerken.

Eine

z) Phil. Tranſ. ab. vol. 7. p. 59. a) Ibid. p. 59.

Eine Beſtätigung dieſer wunderbaren Erſcheinung erhielte Beccari von einem andern Manne, der dieſen Weg oft reiſete, und ihn verſicherte, eben dieſes Licht fünf oder ſechsmal, im Frühlinge und Herbſte erblicket zu haben. Es hätte ſich immer in derſelben Geſtalt und an derſelben Stelle ſehen laſſen; einmal hätte er ſogar wahrgenommen, daß es an einem Orte in der Nähe entſtanden wäre, und ſich darauf von ſelbſt in die vorher beſchriebene Geſtalt geformet hätte.

Beccari geſteht ſeine Verlegenheit, nicht allein dieſe ſonderbare Erſcheinung, ſondern die Irrlichter überhaupt zu erklären. Nur dieſes bemerket er noch, daß alle, welche dergleichen Lichter geſehen, darinn übereingekommen, daß ihr Glanz mit dem Scheine der Leuchtwürmer nichts gemein habe [b]).

Shaws Beſchreibung eines Irrlichtes.

Hr. Shaw beſchreibet ein Irrlicht, welches er in Paläſtina geſehen, wovon die Umſtände ſo merklich ſind, daß ſie verdienen hier erzählet zu werden, insbeſondere da einige derſelben eine Spur zur Erklärung ſolcher Erſcheinungen zu entdecken ſcheinen. Da er mit ſeiner Geſellſchaft durch die Thäler des Gebirges Ephraim des Nachts reiſete, wurden ſie über eine Stunde von einem Irrlichte begleitet, welches bisweilen kugelrund oder wie eine Lichtflamme ſchien, plötzlich ſich aber ſo weit ausbreitete, daß die ganze Geſellſchaft von einem blaſſen unſchädlichen Lichte umgeben ward, worauf es ſich wieder zuſammenzog, und mit einemmale verſchwand. Aber in weniger als einer Minute kam es wieder zum Vorſchein, und breitete ſich, indem es ſich mit vieler Geſchwindigkeit fortbewegete, von Zeit zu Zeit ſo weit aus, daß es einige Morgen Land auf den nahegelegenen Bergen einnahm. Die Luft war vom Untergange der Sonne an beſonders dicke und neblicht geweſen, und der Thau war, wie ſie es an den Zäumen ihrer Pferde fühleten, ungewöhnlich ſchmierigt und fettig. Bey eben ſolcher Witterung, ſaget er, habe er auch die leuchtenden Erſcheinungen wahrgenommen, welche zur See um die Maſte und Segelſtangen zu hüpfen pflegen, die von den Schiffern, mit einem verdorbenen ſpaniſchen Ausdrucke von Cuerpo ſanto, ſogenannte Corpuſanſe [c]).

Licht vom Phosphorus.

Dem Lichte faulender Materien iſt gewiſſermaaßen dasjenige ähnlich, welches das bekannte chymiſche Product, der Phosphorus, von ſich giebt. Dieſer iſt eigentlich ein unvollkommener Schwefel, der geneigt iſt, ſich ſelbſt aufzulöſen, und ſo, daß er durch bloße Berührung der Luft Feuer fängt. Er iſt alſo, wenn er leuchtet, wirklich ein glühender Körper, wiewohl die Hitze unmerklich iſt, wenn man nur ſehr wenig davon nimmt, etwa ſo viel als auf dem damit beſtrichenen Papiere bleibt, oder ſo viel als in weſentlichen Oelen ſich auflöſen läſſet. Vielleicht iſt aber auch die Materie, welche das Leuchten der von uns ſogenannten faulenden Körper verurſachet, der phosphoriſchen ähnlich, wird nur auf eine andere Art erzeuget, und hat einen geringern Grad von Hitze. Die Fäulung ſcheint zu dem Leuchten der Leuchtwürmer und der Pholaden nichts beyzutragen, und dennoch hat ihr Licht viel ähnliches mit dem Lichte faulenden Holzes oder Fleiſches. Das elektriſche Licht iſt ohne Zweifel dem phosphoriſchen ähnlich, und rühret dennoch offenbar von einer ganz andern Urſache her.

b) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 7. p. 60.

c) Shaw's travels, fol. p. 363.

Brandts und Kunkels Phosphorus.

Der Phosphorus, von deſſen Licht ich itzt handele, ward zuerſt von einem hamburgiſchen Bürger, Namens **Brandt**, im Jahre 1677 gemacht, als er eine von dem berühmten **Kunkel** angegebene Spur zur Verfertigung des Steins der Weiſen mit Hülfe des Harns zu verfolgen bemühet war. Brandt ſoll ſein Geheimniß einem **Kraft** in Dresden offenbaret haben; keiner von beyden aber wollte es Kunkeln entdecken. Dieſer geſchickte Chymiſt aber machte ſich ſelbſt daran es herauszubringen, und fand es auch ſogleich. Einen ähnlichen Phosphorus machte auch **Boyle**, als er ein Stück davon in Krafts Händen geſehen hatte, der damit 1679 nach London herüber gekommen war, es dem Könige und der Königinn von England zu zeigen, ohne weiter was davon zu wiſſen, als daß etwas vom menſchlichen Körper dazu käme [d]).

Kunkel formte ſeinen Phosphorus in Geſtalt von Kügelchen, einer Erbſe groß, welche, wenn ſie ein wenig angefeuchtet, und im Dunkeln geſchabet wurden, ein ziemliches Licht, aber nicht ohne Dampf, von ſich gaben. Angenehmer erſchiene das Licht, wenn acht oder zehn dieſer Kügelchen in ein Waſſerglas gethan wurden, denn alsdenn ſchien, wenn man ſie im Finſtern ſchüttelte, das ganze Glas voll Licht. Kunkel gab auch ſeinem Phosphorus die Geſtalt etwas großer Steine, womit man, wenn ſie in der Hand erwärmet waren, auf Papier Buchſtaben malen konnte, die im Finſtern ganz leſerlich waren [e]).

Slares Phosphorus.

Niemand machte mit dem Phosphorus mehrerley Verſuche, als Dr. **Slare**, welcher angiebt, daß flüßiger Phosphorus (das iſt, der ſolide in einem von den weſentlichen Oelen aufgelöſet) ſelbſt keine Frauenzimmerhand verletzet, und daß die Hand oder das Geſicht, welches man damit wäſchet, nicht allein im Finſtern leuchtet, ſondern auch ſogar die Gegenſtände in der Nähe zu erhellen im Stande iſt.

Wenn der ſolide Phosphorus ganz in Waſſer getauchet iſt, ſo verlieret, ſaget er, derſelbe ſeinen Glanz; ſobald aber nur ein Theil deſſelben etwa aus dem Waſſer hervor oder an die Luft kömmt, ſo leuchtet es ſelbſt durch ein zugeſchmolzenes Glas. Er bewahrte den Phosphorus mehrere Tage in einem großen Glaſe ohne Waſſer auf, und er behielt ſein Licht ohne ſonderliche Verminderung des Glanzes oder des Gewichtes. Wenn die damit geſchriebenen Buchſtaben am Feuer erwärmet wurden, ſo wurden ſie ſogleich zu ſchwarzen Strichen, die wie Dinte auf dem Papier beſtändig blieben. Zu verſuchen, wie viel Licht ein kleines Stück dieſes Phosphorus von ſich gäbe, ließ er es in der freyen Luft fortbrennen, und fand, daß es ſieben bis acht Tage leuchtete, wenn er die Laden ſeiner Fenſter zumachte [f]).

Da

d) Mem. de l'Acad. de Paris, 1737. pag. 475. (Boyle hat ſeine Entdeckung in einer Schrift bekannt gemachet, die den Titel führet: The aerial noctiluca or ſome new phaenomena and a proceſs of a factitious ſelfſhining ſubſtance, London, 1680. 8. wovon Nachricht in den Act. Erud. 1682. Febr. p. 54. R.)

e) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 3. p. 347.

f) Ibid. p. 348. (Acta Erud. 1684. Oct. p. 457. aus den Phil. Tranſ. 1683. nr. 150.

Da man die Luft gewöhnlich als ein Nahrungsmittel des Feuers anſieht, ſo wollte Dr. Slare die Probe hievon auch mit ſeinem Phosphorus machen, und legte deswegen ein großes Stück unter einen Recipienten, fand aber, daß nach ausgepumpter Luft daſſelbe an Glanze zunahm, und wieder wie vorher ward, als die Luft wieder hineingelaſſen war. *g*) Dieſe Eigenſchaft des Lichtes vom Phosphorus, darinn er das Gegentheil von glänzendem Holze oder Fiſchen iſt, hat Haukobee durch verſchiedene ſehr genaue Verſuche beſtätiget. *h*) Leuchtet im luftleeren Raume ſtärker.

Als Dr. Slare den Phosphorus mit einem Blasbalge in Flammen ſetzen wollte, ward das Licht deſſelben gleich ausgeblaſen, und kam nicht eher als nach einer ziemlich langen Zeit wieder. Alle Feuchtigkeiten löſchten das Licht des Phosphorus aus, wenn er da hinein gethan ward, und er glänzete und brannte nicht, wenn man ihn in den brennbarſten Feuchtigkeiten, als Olivenoel, Terpentinoel, oder ſelbſt im Weingeiſt ſogar kochen ließ.

Damit ſein Phosphorus ſich nicht verzehren möchte, pflegte er ihn in ein Glas mit Waſſer zu thun. Hier ſah er ihn bisweilen aus dem Waſſer, in welchen er untergetauchet war, ſolche helle lebhafte Strahlen ſchießen, daß wer ſolcher Erſcheinungen nicht gewohnt iſt, darüber in ein nicht geringes Schrecken gerathen würde. Dieſe feurige Erſcheinung iſt von ſchmaler Geſtalt, ſo lange ſie unter dem Waſſer bleibt, breitet ſich aber aus, ſobald ſie in die Luft herausfähret. Soll der Verſuch recht in die Augen fallend gemacht werden, ſo muß, ſaget er, das Glas tief und cylindriſch, auch nicht über drey Viertel mit Waſſer gefüllet ſeyn. Dieſes Ereigniß nahm er nur bey warmen Wetter, niemals bey kaltem wahr *i*). Andere Eigenſchaften.

Der Phosphorus, von dem ich bisher geredet habe, wird aus Urin bereitet; allein in einigen Fällen hat man auch den Schweiß, als der dem Urine ähnlich iſt, von ſelbſt phosphoresſcirend befunden. Dis erfuhr ein gewiſſer Mann, der ſehr viel Salz zu eſſen pflegte, und ein wenig podagriſch war, als er nach einer heftigen Leibesbewegung ſtark ſchwitzete, und ſein Hemde im Finſtern auszog. Es ſchien ihm, zu ſeiner großen Beſtürzung, daſſelbe über und über voll Feuer zu ſeyn. Bey näherer Unterſuchung fanden ſich rothe Flecken auf dem Hemde, und der Arzt, der zugegen war, bemerkte einen Harngeruch, der aber nichts von einem flüchtigen Alkali an ſich hatte, ſondern eine Salzſäure verrieth, eben ſo wie es ſtark geſalzener und heftig gährender Kohl thut *k*). Leuchtender Schweiß.

Dieſes phosphoreſcirende Licht, und dasjenige, welches ſich an dem Leibe und dem Bette einer Frauensperſon zu Meiland zeigete, ſcheinen eine Verwandſchaft zwiſchen dem Lichte vom Phosphorus und den faulenden Materien, oder den Irrlichtern anzudeuten.

Zuſatz

g) Phil. Tranſ. ab. vol. 3. p. 350.
h) Phyſico-mechanical experiments, p. 122.
i) Phil. Tranſ. ab. vol. 3. p. 351.
k) Acta Caeſarienſia, vol. 5. p. 334.

Zusätze des Uebersetzers.

Leuchten der See.

Herr Hauptmann Niebuhr erzählet in seiner Reisebeschreibung nach Arabien 1. Th. S. 7. daß sein Reisegefährte Forskal die Ursache des Leuchtens der See entdecket zu haben geglaubet hätte. Dieser fischete allerhand kleine Seethiere, und darunter auch manche Arten von Medusen. Als er davon einige, welche er in einem Eimer aufbewahret hatte, im Dunkeln aus dem Fenster schüttete, so war alles, was dieses Wasser berührete, voller kleiner Funken. Nachher wiederholete er seine Versuche noch sehr fleißig, und ward in seiner Meynung bestätiget, daß das Leuchten des Seewassers vornehmlich von diesen schleimichten Thieren, wovon die See voll ist, herrühre. — Der Recensent in der Allgem. deutschen Bibliothek, B. 25. erinnert, daß schon mehrere dieses Leuchten einer kleinen Nereide zugeschrieben. Eine eigene Beobachtung sey hierüber in den Pariser Memoiren von 1767 vom Fougeroux de Bombaroy anzutreffen, der das Hintertheil des Thierchens leuchtend gefunden habe. Geht aber nicht beydes zugleich an, oder vielmehr wenn das Leuchten der See von faulend gewordenen Materien entsteht, können nicht mancherley Dinge das Leuchten der See verursachen?

Leuchtwürmer.

Von dem Glanze der Leuchtwürmer oder Leuchtkäfer hat Hr. Priestley ganz vergessen wieder zu reden, nachdem er desselben Anfangs mit einem Worte erwähnet hat. Ich muß den Leser bitten, von meiner Seite mit folgenden, Reaumürn abgeborgten Anmerkungen zufrieden zu seyn, welche er bey der Gelegenheit, da er von den Pholaden, franz. Dails, in den Memoiren der Akademie von 1723 redet, von den Leuchtwürmern machet. Die Zeit, da die Thiere sich begatten, saget er, ist diejenige, da eine besondere Gährung vorgeht. Wahrscheinlich ist dies der Fall der Leuchtwürmer, die hier zu Lande bloß in der heißen Jahrszeit leuchten, und alle die hier zu Lande leuchten, sind die Weibchen. Dieses sind bekanntermaaßen Insecten ohne Flügel; aber die Männchen dazu haben Flügel. Diese fliegen des Nachts, und der Glanz, welchen die Weibchen von sich geben, zeiget ihnen den Ort, wohin sie ihren Flug zu richten haben. Er dienet, saget der Geschichtschreiber der Akademie, dem Männchen statt eines kleinen Pharus, so daß diese Insecten sich der poetischen Ausdrücke im eigentlichen Verstande bedienen könnten, welche wir in der Sprache der Verliebten eigentlich zu brauchen pflegen. Er habe anfangs, fährt Reaumür fort, das Männchen nur aus Büchern gekannt, bis ihm ein Weibchen das Männchen in der Natur kennen zu lernen verholfen habe. Denn da er jenes im Dunkeln auf der Hand gehalten, habe sich ein anderes Insect auf seine Hand gesetzet, das sich sogleich mit dem Weibchen begattet, und auf solche Art hätte er hernach oft die Männchen mit Hülfe der Weibchen gefangen. Zu manchen Zeiten leuchten die Weibchen wenig oder gar nicht, vielleicht alsdenn, wenn der Trieb zur Begattung mangelt. — Nollets Beobachtungen über die Leuchtkäfer in Italien findet man in den Mem. de Paris 1750, p. 84. Er fand, daß der Bauch an ihnen der leuchtende Theil ist.

Es wäre hier auch gute Gelegenheit geweſen, von dem Leuchten des Queckſilbers im leeren Raume etwas anzuführen. Man weis, daß manche Barometer, wenn man durch Schütteln das Queckſilber geſchwinde auf und nieder ſich bewegen läßt, in dem leeren Raume oben beym Heruntерſteigen des Queckſilbers, ein mehr oder weniger ſtarkes Licht zeigen. Es war im Jahre 1675, daß Picard zuerſt an ſeinem Barometer ein ſolches Leuchten bemerkete. Man fand damals nur noch ein paar andere Barometer, welche im Finſtern durch Schütteln leuchten wollten. Nicht eher darauf als im Jahre 1700 gab Johann Bernoulli eine Erklärung dieſer Erſcheinung, und ein Mittel an, phosphoreſcirende Barometer zu machen. Das Queckſilber, ſaget er, bekömmt durch die Berührung mit der Luft eine feine Haut auf ſeiner Oberfläche. Dieſe verhindert, daß die feine Materie, welche man mit den erſten Elementen des Descartes vergleichen kann, von dem Queckſilber ſich nicht losmachen kann, welche ſonſt bey dem ſchnellen Herunterfallen des Queckſilbers ſich ablöſet, und bey ihrer ſchnellen Bewegung an die Theilchen einer andern, nicht ſo feinen, aber doch weit feinern Materie, als die Luft iſt, (man möchte ſie als die Materie des zweyten Elements anſehen) ſtößt, und ſolchergeſtalt das Leuchten hervorbringt. Seine Methode, leuchtende Barometer zu machen, beſteht darinn, die Röhre durch Saugen zu füllen. Sie fand bey der Akademie zu Paris Widerſpruch, weil ſie keine leuchtende Barometer geben zu wollen ſchien. Bernoullis Aufſätze findet man in den Pariſer Memoiren, 1700. und 1701, und in ſeinen Werken T. I. nr. 62, 63, 64. Umſtändlich hat er dieſe Sache in einer 1719. gehaltenen Diſſertation ausgeführet, die in ſeinen Werken, T. II. nr. 112. befindlich iſt. Gegen die franzöſiſchen Akademiſten vertheidigte ein Pariſer Arzt, Dûtal, mit ziemlicher Bitterkeit Bernoullis Verfahren, in den nouvelles de la republique des lettres, 1706, und wirft ihnen vor, daß ſie die Verſuche nicht mit gehöriger Sorgfalt gemachet hätten *). Im J. 1708. erſchien von Hauksbee in den Engliſchen Tranſactionen eine Schrift, worinn er das Leuchten von dem Reiben des Queckſilbers gegen die innere Fläche der Röhre herleitet, weil er gefunden, daß eine luftleere, um ihre Are ſchnell gedrehte Kugel, durch die Berührung der Hand, Licht von ſich gab. Bernoulli fraget, warum das Queckſilber beym Heraufſteigen nicht leuchte **)? Im Jahre 1710. griff Hartſoeker Bernoullis Syſtem und Erfahrungen an, in den eclairciſſemens ſur les conjectures phyſiques, wogegen dieſer ſich in der angeführten Diſſertation ſehr derb vertheidiget. Im J. 1715. gab J. F. Weidler eine Diſſertation de phosphoro mercuriali heraus, in welcher er ſtatt Bernoullis Erklärung eine andere, freylich nicht einmal recht begreifliche, nach Bernoullis Erzählung, ſetzen will. Den hiſtoriſchen Theil dieſer Abhandlung rühmet Bernoulli übrigens. Beſſer iſt dieſer mit einer Diſſertation des Gieſſenſchen Profeſſors, Liebknecht, de noctiluca mercuriali, 1716. zufrieden, als der ſeine Erklärung angenommen und ver-

Leuchten des Queckſilbers im leeren Raume.

*) Io. Bernoulli diſſert. de merc. luc. cap. XI. und du Fay, Memoire ſur les barometres lumineux, Mem. de Paris, 1723. p. 424.

**) Bernoulli und du Fay, a. a. O.

vertheidiget, doch aber auch einige Erinnerungen beygebracht hatte. Einer andern vom Michel Heuſinger im J. 1716. herausgegebenen Schrift de noctiluca mercuriali, erwähnet Bernoulli nicht; du Fay theilet einen Auszug daraus mit, welcher zu erkennen giebt, daß dieſer Verfaſſer das Leuchten des Queckſilbers im luftleeren Raume gleichfalls von einer ſubtilen Materie herleitet, die aus dem Queckſilber herausfahren ſoll. In einer 1717. von der Akademie zu Bourdeaux gekrönten Preisſchrift über die Phosphoren leitet de Mairan dieſes Leuchten von dem Schwefel des Queckſilbers her. Endlich hat noch du Fay einen Aufſatz über die leuchtenden Barometer in den Pariſer Memoiren von 1723. mitgetheilet, worinn er erzählet, daß er von einem deutſchen Glasmacher die Kunſt, ſolche Barometer zuverläßig zu machen, gelernet habe. Sie beſteht kürzlich darinn, daß zuerſt die Röhren und das Queckſilber wohl gereiniget werden. Letzteres wird durch eine papierne Tüte, mit einer möglichſt kleinen Oeffnung gegoſſen, und darauf in die Röhre bis auf ein Drittheil ihrer Höhe gefüllet. Dieſe wird über einem Kohlenfeuer in einer geneigten Lage allmählig erwärmet, daß alle Luft herausfährt, wozu man durch das Umdrehen der Röhre und Umrühren des Queckſilbers mit einem eiſernen Drathe zu Hülfe kommen muß. Nachdem die Röhre kalt geworden iſt, wird das zweyte Drittheil auch angefüllet, und die Luft daraus auf dieſelbe Art getrieben. Endlich wird das letzte Drittheil auch gefüllet, wobey man aber das obige Verfahren nicht zu wiederholen brauchet. Darauf wird eine hölzerne Büchſe mit Siegellack an das offene Ende der Röhre befeſtiget, und du Fay fand, daß ein ſo zugerichtetes Barometer, dergleichen er verſchiedene gemachet, immer ſtark geleuchtet habe. Wenn er aber das Queckſilber in einem Tiegel bis zum Dampfen erhitzete, und es in eine vorher gleichfalls erwärmete Röhre goß, und folgends alle Luft mit einem eiſernen Drathe durch das Umrühren heraustrieb, ſo wollte ein ſo zubereitetes Barometer keinesweges leuchten. Hieraus folgert er, daß durch die Erwärmung keine Feuertheilchen in das Queckſilber kommen können, weil dieſe in dem letztern Falle ſich gar nicht zeigen, auch überdem bald verfliegen würden. Es iſt vielmehr, ſaget er, in dem Queckſilber ſowohl viel grobe Luft, als auch eine feine Materie enthalten. Die grobe Luft hält die feine gleichſam gefangen, und verhindert ſie aus dem Queckſilber herauszudringen. Jemehr alſo jene vermindert wird, deſtomehr Freyheit bekömmt dieſe. Nach der zweyten Art, Barometer zu machen, dringt bey dem Hereintröpfeln zu viel Luft in das Queckſilber wieder hinein. Die leuchtenden Barometer ſind alſo nicht bloß wegen ihres Lichtes merkwürdig, ſondern haben auch, da ſie von der groben Luft ſehr rein ſind, vor den nicht leuchtenden einen Vorzug.

Zehnter Abſchnitt.

Bemerkungen vom Regenbogen.

Da in den vorhergehenden Abſchnitten alle die Entdeckungen vorgetragen ſind, welche die Grundeigenſchaften des Lichtes und der Körper in Abſicht auf das Licht betreffen, ſo werden die nun folgenden Abſchnitte dieſer Periode hauptſächlich die

die Bemühungen der Naturforſcher um die Erklärung der natürlichen Erſcheinungen und der Ereigniſſe beym Sehen, nach den entdeckten Geſetzen, enthalten.

Unter allen optiſchen Erſcheinungen in der Natur iſt wohl der Regenbogen eine der am meiſten in die Augen fallenden. Daher finden wir auch, daß ſie von jeher die Aufmerkſamkeit der Naturforſcher auf ſich gezogen hat; wie wir auch geſehen haben, daß in jeder Periode dieſer Geſchichte nach einander immer mehreres Licht darüber verbreitet iſt. Die Hauptumſtände dieſer Erſcheinung ſind zwar vom Newton völlig ins Licht geſetzet; es blieb aber doch eine Nachleſe einiger einzelner Ereigniſſe für dieſe Periode übrig, inſonderheit der ungewöhnlichern, wovon ich die merkwürdigſten in dieſem Abſchnitte erzählen, und zugleich die Muthmaßungen wegen ihrer Urſachen vortragen will, womit ich dem Leſer ohne Zweifel einen Gefallen zu thun hoffe.

Halleys Berechnungen über den Regenbogen.

Unter denen, welche Newtons Farbentheorie annahmen, war Dr. Halley der erſte, der ſie auf die Erſcheinung des Regenbogens anwandte. Wir haben ſchon geſehen, daß der innere Bogen von Strahlen hervorgebracht wird, die zwo Brechungen und dazwiſchen eine Zurückwerfung leiden, ſo wie in dem äußern die Strahlen zweymal zwiſchen den beyden Brechungen zurückgeworfen werden. Hier höret die Natur auf, oder vielmehr unſere Sinne ſind nicht ſcharf genug, mehrere Regenbogen wahrzunehmen. Allein unſer Verſtand kann dennoch die Sache weiter treiben, und die Regenbogen berechnen, die durch drey, vier und mehrere Zurückwerfungen entſtehen. Dieſes hat Dr. Halley in den phyſikaliſchen Tranſactionen vom Jahre 1700. ausgeführet, wie er auch eine directe Methode angiebt, aus dem gegebenen Brechungsverhältniſſe den Halbmeſſer des Bogens zu beſtimmen.

Aus ſeiner Berechnung folget, daß für den erſten Regenbogen das doppelte des Brechungswinkels der einfallenden Strahlen, vermindert um den Einfallswinkel, ein Größtes iſt; daß für den zweyten Regenbogen das dreyfache des Brechungswinkels, vermindert um den Einfallswinkel, ein Größtes iſt; daß für den dritten Regenbogen das vierfache des gebrochenen Winkels vermindert um den Einfallswinkel ein Größtes iſt, u. ſ. w. Es iſt alſo, um die Größe jedes Bogens zu beſtimmen, nur noch nöthig, einen ſolchen Einfallswinkel zu ſuchen, daß der Ueberſchuß ſeines gewiſſemal vervielfachten Brechungswinkels über den Einfallswinkel ein Größtes ſey. Die Sinus dieſer Einfallswinkel berechnet Halley nach der Reihe in algebraiſchen Formeln. Daraus findet er ferner, daß der Halbmeſſer des erſten Bogens 42° 30′, des zweyten 51° 55′ hält, welche beyde, wie bekannt iſt, der Sonne gegen über liegen; daß der dritte Bogen, wenn er ſichtbar wäre, von der Sonne um 40° 20′, der vierte um 45° 33′ entfernet ſeyn würde, die aber ohne Zweifel, eben dieſer Nähe willen, nicht ſichtbar werden. Auflöſungen eben dieſer Aufgabe haben in der Folge noch andere Mathematikverſtändige, als Hermann, Johann Bernoulli und der Marquis de Courtivron geliefert a).

a) Montucla, vol. 2. p. 652.

Reihe von Regenbögen.

Meine Nachrichten von merkwürdigen Regenbögen will ich mit dem von Dr. Langwith beſchriebenen anfangen. Dieſer nahm unter dem innern Kreiſe des erſten Regenbogens einige farbichte Ringe wahr, wodurch die Breite dieſes Bogens viel größer ward, als er nach der Rechnung ſeyn kann. Am deutlichſten ſahe er dieſe Erſcheinung den 21. Auguſt 1722. um halb ſechs Uhr des Abends, bey gemäßigter Witterung und bey einem Nordoſtwinde. Die Farben des erſten Regenbogens waren wie gewöhnlich, nur fiel die Purpurfarbe ſehr in roth, und war wohl abgeſchnitten. Darunter war ein grüner Bogen, deſſen oberer Theil auf hellgelb ſich neigte, der untere dunkler grün war, und unter dieſen waren, eins um das andere zween röthlich purpurne und zween grüne Bogen, und unter allen dieſen noch ein ſchwacher purpurfärbiger, der verſchiedenemal ſo geſchwind verſchwand und wieder kam, daß er ihn nicht unverwandt anſehen konnte. Die Ordnung der Farben war demnach folgende:

1. Roth, Orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, Purpur.
2. Hellgrün, dunkelgrün, Purpur.
3. Grün, Purpur.
4. Grün, ſchwaches ſich verlierendes Purpur.

Es waren hier alſo vier Reihen Farben, und vielleicht noch der Anfang einer fünften; denn er glaubte, das, was er Purpur nennt, für eine Miſchung des Purpurs jeder obern Reihe mit dem Roth der darunter zunächſt befindlichen, und das Grüne für eine Miſchung der mittlern Farben anſehen zu müſſen. Dieſes ſchrieb er nicht bloß auf das Zeugniß ſeiner eigenen Augen, ſondern nahm noch einen Geiſtlichen und vier andere Herren, die bey ihm waren, zu Hülfe, welche eben das, was er geſehen hatte, wahrnahmen. Zwey Dinge, ſaget er, verdienen hierben unſere Aufmerkſamkeit, weil ſie uns zur Erklärung dieſer ſonderbaren Erſcheinung behülflich ſeyn können.

1. Die erſte Reihe war viel breiter als die andern, ja, ſo viel er urtheilen konnte, ſo breit wie die übrigen zuſammen. 2. Er ſahe dieſe innere Reihen Farben niemals an den niedrigern Theilen des Regenbogens, wenn dieſe gleich oft weit glänzender waren, als die obern, wo ſich jene Farben zeigeten. Er bemerkete dieſes ſo oft, daß er glaubte, man könne es unmöglich als etwas Zufälliges anſehen, und ſchloß daraus, daß, woferne es allgemein wahr ſeyn ſollte, die Unterſuchung dadurch enger eingeſchränket werden würde; weil alsdenn dieſe Wirkung von einer Eigenſchaft der Strahlen abhängen würde, welche dieſe in den obern Theilen der Luft haben, aber verlieren, wenn ſie niedriger liegen, und ſich mehr mit einander vermiſchen.

Bougners Beobachtungen.

Bouguer ſah dieſe Erſcheinung häufig bey ſeinem Aufenthalte auf den Gebirgen in Peru, wo der Himmel oft außerordentlich heiter iſt [b]). Er hielt es für einen nothwendigen Umſtand zu dieſer Erſcheinung, daß der Himmel nach der Sonne hin recht heiter, noch mehr aber, daß er gegen über ganz dunkel ſeyn müſſe. Die

b) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 7. p. 105.

Die Farben des zweeten Bogens unter dem erſten erblickete er in derſelben Ordnung wie an dieſem erſten, auch war das rothe in jenem von dem violetnen in dieſem wohl abgeſondert, daß er alſo die beyden Bogen deutlicher von einander unterſchieden geſehen hat, als ſie ſich dem Dr. Langwith zeigeten. Bouguer glaubte noch bisweilen ſchwache Spuren eines dritten Bogens, gleich unter dem zweeten wahrnehmen zu können [c]).

Der außerordentliche Regenbogen, welchen le Gentil den 18. Novemb. 1756. ſahe, ſcheint mit dem von Dr. Langwith beobachteten, einerley Art geweſen zu ſeyn. Unter den beyden gewöhnlichen Bogen ſahe er zween andere breite Bogen, einen unter dem andern. Der obere von ihnen berührte das violet des gewöhnlichen Bogens unmittelbar. Sie waren um etwas mehr als ihre Breite von einander entfernet, die etwa ein gutes Drittheil der Breite des innern Regenbogens betragen mochte. Ihre Farbe war blau, eben ſo lebhaft als das blaue des vornehmſten Bogens. Der Raum, den ſie einnahmen, ſchien ihm ohngefähr eben ſo groß zu ſeyn, als der innere Regenbogen [d]). Andere außerordentliche Regenbögen.

Ein andermal ſahe eben dieſer Gelehrte und Herr de Fouchy unter dem violet des gewöhnlichen Bogens einen Raum ohne Farbe, ſo breit als das grüne und blaue dieſes Bogens zuſammen genommen, und darauf ein lebhaftes Grün, ſo lebhaft wie das Grüne des Regenbogens [e]).

Dr. Pemberton hat dieſe Erſcheinungen aus der Newtonianiſchen Theorie der Anwandlungen des Zurückgehens und Durchgehens erklären wollen; nimmt aber dabey an, daß die verſchiedentlich gefärbten Strahlen ihre beſondern Anwandlungen haben, wenn ſie an der Oberfläche eines gewiſſen Mittels anlangen, ohne die Dicke deſſelben in Betrachtung zu ziehen; da doch in dieſem Falle offenbar alle Strahlen ohne Unterſchied theils zurückgeworfen, theils durchgelaſſen werden. Wahrſcheinlich entſtehen dieſe Farben in ſehr kleinen Regentropfen oder Dünſten, die mit den größern Tropfen vermiſchet ſind, ſo daß es mit ihnen eben die Beſchaffenheit, wie mit den Farben dünner Blättchen hat, und es mögen wohl dergleichen Nebenbogen mit einigen Arten der Höfe einerley ſeyn. Dr. Pemberton führet ſelbſt an, daß ſolche Nebenbogen in den Dunſttröpfchen der Wolke ſich bilden mögen, welche die durch den Fall des Regens bewegte Luft zugleich mit den größern Tropfen herunter treibt. Darum möchten ſie auch bloß unter dem höhern Theile des Regenbogens erſcheinen, weil dieſe Dunſttheilchen nicht weit herunter kämen. Zur fernern Beſtätigung bemerket er, daß dieſe Nebenfarben am deutlichſten zu ſehen ſind, wenn der Regen ſich aus recht ſchwarzen Wolken ergießt, wobey durch den heftigen Fall die Luft ſehr in Bewegung gerathen wird [f]). Pembertons Erklärung.

c) Mem. de l'Ac. de Paris, 1757, p. 62.
d) Ibid. p. 59.
e) Ibid. p. 61.
f) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 6. p. 140. (Käſtners Lehrbegriff der Optik. S. 244. Mir iſt eingefallen, ob nicht die in einem geringen Grade divergirenden Strahlen die Nebenbögen verurſachen könnten, da doch die Hauptbögen von parallelen Strahlen entſtehen. Es würde nur noch zu erklären ſeyn, warum die Nebenbögen ſich nicht ganz herunter erſtrecken. Boscovich beſchreibt in einer

Horizontaler Regenbogen.

Dr. **Langwith** ſah einmal einen Regenbogen auf der Erdfläche liegen, der faſt eben ſo lebhaft wie der gewöhnliche Regenbogen gefärbet war. Er erſtreckete ſich auf einige hundert Ellen weit, und würde noch auf eine viel größere Weite ſichtbar geblieben ſeyn, wenn er nicht von einem höher liegenden Felde und der Hecke deſſelben unterbrochen wäre. Was dabey insbeſondere zu merken war, iſt 1. daß die Figur dieſes Bogens nicht rund, ſondern länglicht, und dem Augenmaaße nach ein Stück einer Hyperbel war; 2. daß die erhabene Seite nach ſeinem Auge gekehrt, und der Scheitelpunct nicht weit von ihm lag; 3. daß die Farben in den ihm zunächſt liegenden Theilen des Bogens einen ſchmälern Raum einnahmen, und lebhafter waren, als in den entferntern Theilen.

Erklärung.

Er erkläret die Entſtehung dieſes Bogens durch die Vergleichung deſſelben mit dem gewöhnlichen Regenbogen k e i E, der ſich in den Regentropfen bildet, welche nicht weit von dem Auge des Zuſchauers bey H in der Luft niederfallen, und der mit

Fig. 102.

ſeinem untern Theile die Erdfläche in dem Scheitelpuncte E des horizontalen Regenbogens D E C berühret. Man verlängere den Kegel H i c k E, ſo giebt deſſen Durchſchnitt mit der Horizontfläche die Figur des Bogens D E C. Hieraus folget, daß die Figur, nachdem der Winkel e H G, größer, ſo groß, oder kleiner als ein Rechter iſt, eine Hyperbel, eine Parabel oder eine Ellipſe wird. 2. Daß, weil die Sonne zur Zeit der Erſcheinung dieſes Bogens etwa 30 Grad hoch ſtand, der Bogen eine Hyperbel war. 3. Daß die verſchiedentlich gefärbten einzelnen Theile deſſelben Bogens, wegen der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen, in gewiſſen Fällen unterſchiedene Kegelſchnitte ſeyn können. 4. Weil der Winkel e H F allemal aus der Höhe des Auges H G, und der Höhe der Sonne S L A gegeben iſt, ſo laſſen ſich die Dimenſionen dieſer Bogen leicht ausmachen f).

Regenbogen auf der Erdfläche.

Die umgekehrten Bogen, welche ſich bey Nebenſonnen gewöhnlich ſehen laſſen, hat man, wie **Weidler** ſaget, bisweilen auch allein geſehen. Er führet auch aus einer Schrift, worinn er von dem großen Windwirbel zu Rom 1749 Nachricht giebt, einen vielfachen Regenbogen, den er den Tag nach dieſem Windwirbel geſehen. Zwo Stunden vor Untergang der Sonne ſahe er außer den beyden gewöhnlichen noch einen dritten, der den innern Regenbogen berührete, und eine Viertelſtunde vor Sonnenuntergange innerhalb des innerſten vornehmſten Regenbogens noch drey mit eben der Ordnung der Farben, einen an den andern anrührend, ganz deutlich, nebſt einer zweifelhaften Spur des vierten, welchen ſein Begleiter deutlich erkannte. S. altes hamburg. Magazin. 10. B. S. 229. K.)

f) Philoſ. tranſ. ab. vol. 7, p. 103. (Nach Langwiths Beſchreibung und Zeichnung ſollte man denken, daß man einen Regenbogen wie einen ganzen Kreis ſehen könnte. Dazu müßte man ſehr hoch über der Wolke, welche den Regenbogen verurſachet, ſtehen. Die Tropfen liegen in der beſchriebenen Erſcheinung auf dem Erdboden. Weil die Erdfläche den Kegel ſchneidet, auf deſſen Oberfläche die Tropfen, welche den Regenbogen bilden, ſich befinden, ſo bekömmt dieſer die Geſtalt eines Kegelſchnittes, nach der Lage der Erdfläche gegen die Axe des Kegels. **Menzel** hat in den Ephem. Nat. cur. 1686. dieſe Erklärung ſolcher horizontalen Regenbogen zur Aufgabe aufgegeben; **Jacob Bernoulli** hat ſeiner Diſp. de ſeriebus infinitis, vom J. 1689 die Beantwortung ohne Beweis angehänget, welchen **Cramer** in der Genfer Ausgabe von deſſelben Werken 1. B. 35. Nr. 400. S. beygefüget hat. Auch handelt davon **Webb** in den Philoſ. tranſ. vol. 47. p. 248. K.)

aus Tachards Reiſebeſchreibung nach Siam an, daß dieſer allemal, wenn zwo Wellen an einander geſtoßen ſind, ſo daß das Waſſer in kleinen Tropfen in die Höhe geſprungen, einen umgekehrten Bogen geſehen habe, wofern ſein Auge ein wenig über dieſen Tropfen erhaben geweſen; dahingegen wenn die Tropfen wieder zurück gefallen ſind, oder wenn es an eben der Stelle geregnet hat, ſich ein Regenbogen in der gewöhnlichen Lage habe ſehen laſſen [h]).

Descartes erkläret dergleichen Erſcheinungen durch die Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen von der Fläche des Waſſers, allein Weidler iſt nicht damit zufrieden, und ſaget, dieſe Erſcheinung entſtehe, wenn die Sonnenſtrahlen, welche ſich nach zweymaliger Brechung und einer Zurückwerfung in den Tropfen auf der Axe des Regenbogens würden vereiniget haben, in das Auge, das jenſeits dieſes Vereinigungspunctes auf der Axe befindlich iſt, unter einem halb ſo großen Winkel fallen. Dieſe Erklärung iſt dunkel und gar nicht aus einander geſetzet, auch ſcheint der Verfaſſer ſelbſt ſie nicht recht durchgedacht zu haben, da er durch keine Figuren den Gang der Strahlen und die Möglichkeit eines ſolchen Ereigniſſes nach ſeiner Beſchreibung zeiget.

Regenbogen durch die Zurückwerfung.

Celſius beſchreibt einen von ihm in Dalekarlien, 1743. geſehenen dritten Regenbogen, der breiter als die beyden andern geweſen, und ſie geſchnitten habe, welcher nach den Umſtänden zu urtheilen durch die Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen von einem Fluſſe entſtanden iſt. Eben einen ſolchen Bogen ſah auch Halley im Jahre 1698. zu Cheſter, und erkläret ihn auf dieſelbe Art. Der erſte, welcher zu dieſer Erklärung Anlaß gegeben hat, iſt Eſtienne, Canonicus zu Chartres. Dieſer beſchließt ſeine Beſchreibung eines von ihm geſehenen Regenbogens, der von einem gebrochenen und kreisförmig gebogenen Sparren durchſchnitten war, mit der Bemerkung, daß zur Zeit dieſer Beobachtung der Fluß Chartres zwiſchen ihm und dem Bogen, auf derſelben horizontalen Fläche, etwa 150 Schritt von ihm geweſen ſey. Die Wahrnehmung geſchah am 10. Auguſt 1665. um halb ſieben Uhr des Abends [i]).

Regenbogen nach Sonnenuntergang.

Hr. Geo. Edwards beſchreibt einen Regenbogen, der durch die von der Stadt London aufſteigenden Dünſte hervorgebracht ſeyn muß. Es war zwanzig Minuten nach Sonnenuntergang, als er ihn wahrnahm, und der Mittelpunct des Bogens war folglich über dem Horizonte. Die Farben waren wie an dem gewöhnlichen Regenbogen, aber ſchwächer [k]).

Eilſter

h) Commentarius de Parheliis, p. 30.

i) Hiſt. de l'Ac. de Paris, 1743. p. 54. (Abhandlungen der Schwed. Akad. 1742. d. deutſchen Ueberſ. 4. B. 235. S. Schon Senguerd beſchreibt dieſe Art Regenbogen in ſeiner Philoſ. natur. ed. 2da Lugdun. Bat. 1685. p. 292, wo auch eine Zeichnung beygefüget iſt. Er ſahe dieſen dritten Regenbogen eine Viertelſtunde nach Sonnenaufgange, da der Himmel beſonders in Oſten mit Wolken bedecket war. Er ſchloß ſich unten am Horizonte an den innern vornehmſten Regenbogen an, ſtand aber zu oberſt von den beyden gewöhnlichen gleich viel ab. Die Farben daran waren in derſelben Ordnung wie an dem vornehmſten, aber blaſſer. Senguerd leitet dieſen mittlern Bogen von der Zurückſtrahlung an den öſtlichen Wolken her. A.)

k) Philoſ. tranſ. vol. 50. p. 294.

Eilfter Abſchnitt.

Bemerkungen von Höfen und Nebenſonnen.

Schon damals, als die Naturforſcher zuerſt den Regenbogen mit Aufmerkſamkeit betrachteten, entgiengen andere Lufterſcheinungen, als Höfe und Nebenſonnen, ihrer Wahrnehmung nicht; allein wegen der Seltenheit und Mannigfaltigkeit derſelben war es den ältern Philoſophen nicht wohl möglich, eine erträgliche Erklärung von ihnen zu geben. Deswegen habe ich überhaupt ihre Gedanken von dieſer Sache weggelaſſen, und ſie bis hieher als Einleitung zu den Erklärungen dieſer merkwürdigen Erſcheinungen verſparet, welche ich, ſo gut als ich ſie habe finden können, liefere, ob ſie gleich, ich geſtehe es, noch unvollkommen ſind. Bey dieſer verworrenen Sache weiß ich es nicht beſſer zu machen, als daß ich erſt die merkwürdigſten Ereigniſſe ſelbſt erzähle, und darauf die Gedanken der vornehmſten Naturforſcher darüber vortrage.

Höfe was ſie ſind,

Höfe (Coronae, halones) ſind helle Ringe, welche die Sonne, den Mond, die Planeten und die Fixſterne bisweilen umgeben. Zuweilen ſind ſie weiß, zuweilen farbicht, wie der Regenbogen. Zuweilen ſieht man nur einen, zuweilen aber auch zu derſelben Zeit mehrere concentriſche Höfe. Diejenigen, welche man um den Sirius und Jupiter geſehen hat, waren nie über drey bis fünf Grade breit; die um den Mond ſind gleichfalls zu Zeiten nicht über drey oder fünf Grade groß; aber dieſe Mondshöfe ſind übrigens, wie die Höfe um die Sonne, von ſehr verſchiedener Größe, als von 12°0′; 22°35′; 30°0′; 38°0′; 41°2′; 45°0′; 46°24′; 47°0′; und 90°, ja noch größer. Ihre Größe bleibt ſelbſt während ihrer Erſcheinung nicht einerley, und die Breite der weißen ſowohl als der farbigten Ringe iſt ſehr unterſchieden, als von 2, 4 oder 7 Grad.

Ihre Farben.

Die Farben dieſer Höfe ſind blaſſer als die an den Regenbögen, folgen auch in verſchiedener Ordnung auf einander, nachdem die Höfe groß ſind. An denen, welche **Newton** 1692 beobachtete, wovon unten noch beſonders geredet werden ſoll, waren ſie, von inwendig gerechnet, in folgender Ordnung. An dem innerſten blau, weiß und roth; an dem mittlern purpur, blau, grün, gelb und blaßroth; an den äußerſten blaßblau und blaßroth. **Huygens** beobachtete einen Hof, der nach der Sonne hin roth, auswärts blaßblau war. Bisweilen ſind ſie einwärts roth, auswärts weiß. **Weidler** ſahe einen, der inwendig gelb, auswärts weiß war. In Frankreich ward einer im J. 1683 beobachtet, der in der Mitte weiß war, mit einer rothen Einfaſſung, worauf ein blauer, alsdenn ein grüner und zuletzt ein hellrother Kreis folgete. Im J. 1728 ließ ſich ein Hof ſehen, der auswärts blaßroth war, worauf gelb und ferner grün kamen, und weiß den Beſchluß machete.

Sind oft zu ſehen.

Die Höfe ſind häufig zu ſehen. In Holland kann man ihrer, wie **Muſſchenbroek** erzählet, faſt jedes Jahr über funfzig bey Tage erblicken; man giebt nur nicht viel Acht darauf, weil man nicht gewohnt iſt, nach der Sonne hinzuſehen, und man auch, um ſie wahrzunehmen, ſich faſt immer ſo ſtellen muß, daß

man

man den Körper der Sonne nicht ſelbſt, ſondern nur den benachbarten Theil des Himmels in die Augen bekomme. **Middleton** ſaget, daß die Höfe in Nord-Amerika ſehr häufig ſind, indem man daſelbſt mehrentheils alle Woche einen oder zween um die Sonne, und alle Monat einen oder zween um den Mond ſehe [a]). Höfe um die Sonne ſieht man in Rußland ſehr häufig. Herr **Aepinus** erzählet, daß er vom 23. April 1758 bis zum 20. September nicht weniger als 26, ja bisweilen in eben dieſer Zeit noch einmal ſo viel erblicket habe [b]).

Aehnliche Erſcheinungen.

Eine ähnliche Erſcheinung läßt ſich hervorbringen, wenn man bey kaltem Wetter ein Licht hinter dem aufſteigenden Dunſte von warmem Waſſer ſetzet. Desgleichen, wenn man Fenſterſcheiben anhauchet, ein Licht einige Fuß davon auf einer Seite, und ſich auf der andern ſtellet, wird man einen bunten Kreis um das Licht ſehen. Wird in einen luftleeren Recipienten wieder Luft hineingelaſſen, und es ſteht jenſeits deſſelben ein Licht, ſo wird es mit einem gefärbten Hofe umgeben werden, ſobald die Luft zu einem gewiſſen Grad der Dichte gelanget iſt, weil dieſe immer einige Feuchtigkeit bey ſich führet. Dieſe iſt eine vom **Otto Guericke** gemachte Beobachtung [c]). **Muſſchenbroek** nahm einmal im December 1756 durch ſein dünne überfrornes Stubenfenſter einen bunten Hof um den Mond wahr, der bloß von dem dünnen Eisſcheibchen an dem Fenſter herrührete, weil keiner zu ſehen war, wie er das Fenſter öffnete [d]).

Wunderbare Erſcheinung auf den Cordelieres.

Eine Art von Hof war die merkwürdige Erſcheinung, welche Hr. **Bouguer** und ſeine Gefährten oben auf dem Berge Pichincha in Peru wahrgenommen. Wie die Sonne juſt aufgieng, ſahen ſie auf einer weißen, etwa dreyßig Schritt von ihnen entfernten Wolke, jeder ſeinen eigenen Schatten und keiner des andern ſeinen. Wegen der mäßigen Entfernung konnten ſie alle Theile des Schattens, als Arme, Beine, Kopf, deutlich unterſcheiden; was ſie aber erſtaunt machte, war, daß jedes Kopf mit einer Art von Glorie umgeben war, die aus drey oder vier kleinen concentriſchen Kreiſen beſtand, welche mit ſehr lebhaften Farben, jeder wie der innere Regenbogen geſchmückt waren, und auch das rothe nach außen hin hatten. Die Abſtände dieſer Bogen von einander blieben gleich, ob ſich zwar die Durchmeſſer derſelben veränderten. Der letzte war ſehr matt, und in einer ziemlich großen Weite zeigete ſich ein großer weißer Kreis, der jene alle umgab. So gut Hr. Bouguer die Größe dieſer Kreiſe meſſen konnte, war der erſte etwa $5\frac{1}{2}$, der zweyte 11, der dritte 17 Grad groß; der Durchmeſſer des weißen Kreiſes hielt etwa 67. Dieſe Erſcheinung zeigte ſich nicht anders, als auf einer aus gefrornen Theilchen beſtehenden Wolke, niemals auf Regentropfen. War die Sonne nicht im Horizonte, ſo war von dem weißen Kreiſe bloß ein Theil zu ſehen, wie es Bouguer hernach oft beobachtet hat. Eine Erklärung hat weder er, noch einer von allen, die nach ihm dieſe Begebenheit erzählet haben, zu geben unternommen [e]).

Eine

a) Muſſchenbroek Introductio, vol. 2. p. 1036.
b) Noui Comm. Petrop. Vol. 8. p. 392.
c) Experim. Magdeb. p. 89.
d) Introductio, Vol. 2. p. 1046.
e) Mem. de l'Ac. de Paris, 1744. p. 366. (Ulloas Reiſen, in der allgemeinen Hiſtorie der Reiſen. Th. 9. A.)

und auf einem Schottiſchen Berge.

Eine dieſer ſonderbaren Erſcheinung ähnliche beobachtete auch Dr. M'Fait in Schottland. Er nahm um ſeinen Schatten auf dem Nebel, über welchem er auf einer Anhöhe erhoben war, einen Regenbogen wahr. Von dieſem Standpuncte ſchien ihm die ganze Gegend umher gleichſam als von einer Sündfluth bedecket, nur hier und da ragten die Spitzen entfernter Hügel aus der Fluth hervor, und nicht anders als mit Schwindel ließ ſich in die Tiefe hinabſehen. Ein andermal ſah er unter dieſen Umſtänden eine doppelte Reihe von Farben um ſeinen Schatten. Die Farben der äußern Reihe waren breit und ſehr deutlich, allenthalben zween Fuß von ſeinem Körper entfernet. Darauf folgete ein ſchwärzlicher Zwiſchenraum, und nach dieſem eine ſchmälere Reihe von Farben, die ſich hart an den Schatten ſchloß, der ſehr verkürzet war. Er ſcheint dieſe Farben der Beugung des Lichtes zuzuſchreiben, eben der, welche den hellen Rand um die Schatten aller Körper, den Maraldi und dieſer Verfaſſer wahrgenommen, verurſachet *f*).

Schwierigkeit der Erklärung der Höfe.

Dieſes ſind die Ereigniſſe, welche ich, was die Höfe betrifft, habe zuſammenbringen können, und ſie ſind ohne Zweifel ſehr merkwürdig und unterhaltend. Nur wünſchte ich, daß ich eben ſo gut im Stande wäre, den Leſer in Abſicht auf die Entſtehungsurſache zu befriedigen. Ueberhaupt bemerke ich, daß die unendlichen Abwechſelungen, die ſich dabey zeigen, anzudeuten ſcheinen, daß viele dieſer Erſcheinungen nicht aus den allgemeinen Geſetzen der Brechung, Zurückwerfung und Beugung, wie ſie an durchſichtigen Körpern von beträchtlicher Größe ſich äußern, herzuleiten ſeyn mögen: ſondern daß es dabey auf die wechſelsweiſe vorgehende Zurückwerfung und Durchlaſſung der ungleichartigen Strahlen ankömmt, welche Körpern eigen iſt, die in dünne Scheibchen zerblättert, oder in ſehr kleine Theilchen zerfället ſind. Wo aber die Höfe ziemlich von einerley Größe und Breite ſind, wie es der Fall mit dem gewöhnlichen größern Hofe um die Sonne oder um den Mond iſt, der ohngefehr halb ſo groß iſt als der Regenbogen, da mag man vielleicht mit den allgemeinen Geſetzen der Strahlenbrechung auskommen können. Kann ich alſo zwar nicht ſelbſt den Leſer hierüber befriedigen, ſo will ich doch ſuchen, ihm einige Unterhaltung und Anleitung zum eigenen Nachdenken über die Sache dadurch zu verſchaffen, daß ich ihm eine Sammlung von allerhand Erklärungen vorlege.

Des Descartes Erklärung.

Descartes bemerket, daß während eines Regens kein Hof ſich ſehen läſſet, und folgert daraus, daß dieſe Erſcheinung von der Brechung der Strahlen in den runden Eistheilchen, die alsdenn in der Luft ſich aufhalten, herrühren möge. Dieſe ſind zwar platt, wenn ſie auf den Boden fallen, allein ſie mögen, ſeiner Meynung nach, wohl in der Mitte erhaben geweſen ſeyn, ehe ſie niederfielen, und nach Maaßgabe dieſer Erhabenheit glaubet er, werde der Durchmeſſer des Hofes veränderlich ſeyn *g*).

Meynung des Gaſſendi.

Gaſſendi nimmt in ſeiner Abhandlung von den Lufterſcheinungen an, daß ein Hof mit einem Regenbogen einerley ſey, daß dort wie hier die Strahlen in jedem Tropfen zweymal

f) Edinburgh Eſſays, vol. I. p. 198. *g*) Dioptrica, p. 230.

zweymal gebrochen und einmal zurückgeworfen werden, und daß der ganze Unterſchied von der Lage des Beobachters gegen beyde herrühre. So viel aber auch dieſer Schriftſteller hierüber vorbringt, und ſo ſehr er ſich bemühet, den Grund anzugeben, warum die Farben an den Höfen in einer andern Ordnung als an dem Regenbogen auf einander folgen, ſo machet er doch durch keine Zeichnung des Weges der Strahlen, von der Sonne durch die Tropfen bis zum Auge des Zuſchauers, ſeine Meynung und Erklärung begreiflich [h]).

Erklärung des Dechales.

Dechales bemühet ſich gleichfalls, die Entſtehungsart der Höfe aus ähnlichen Gründen wie den Regenbogen zu erklären. Wenn eine gläſerne mit Waſſer gefüllte Kugel A B, ſaget er, in die von C herkommenden Sonnenſtrahlen gehalten wird, ſo werden ſich nicht allein zween farbichte Kreiſe, auf der Seite nach der Sonne hin zeigen, welche die beyden Regenbogen bilden, ſondern auch auf der andern Seite wird ein ſolcher entſtehen, indem die dazu gehörige Strahlen, nachdem ſie ſich in E gekreuzet haben, wieder auseinander fahren, und den farbigten Kreis G F bilden, wie man ſehen wird, wenn man die durchgelaſſenen Strahlen mit einem Blatte weißes Papieres auffängt. Die Farben werden ſich auch zeigen, wenn man ſein Auge irgendwo innerhalb des Kegels F E G ſtellet. Den Winkel F E H fand er 23 Gr. groß. Es waren bloß die äußern Strahlen dieſes Kegels, welche ſo wie die von dem Regenbogen herkommenden gefärbet waren. fig. 103.

Vermittelſt dieſes Verſuches glaubete er die Entſtehung der Höfe völlig erklären zu können. Wenn nämlich die Wolken vor der Sonne oder dem Monde weder zu dichte noch zu dünne ſind, ſo müſſe allemal ein Hof um ſie entſtehen, und die Regenbogenfarben werden ſich an den Tropfen zeigen, die 23 Gr. von der Sonne oder dem Monde entfernet ſind. Iſt die Sonne in A, der Zuſchauer in B, ſo wird der Kreis D F E, welcher in B unter dem Winkel D B E von 46 oder zweymal 23 Gr. erſcheint, den Hof darſtellen. Daß die Farben des Hofes blaſſer als an dem Regenbogen ſind, rühret nach ſeiner Meynung daher, daß jener nicht in großen Regentropfen, ſondern in ſehr kleinen Dünſten gebildet wird. Denn wenn die Tropfen ſo groß als bey dem Regenbogen wären, ſo würde die Wolke ſo dick ſeyn, daß die Strahlen nicht regelmäßig durchgelaſſen werden könnten. Er hatte auch bemerket, daß die Farben des Regenbogens kaum zu erkennen waren, wenn er in ſehr dünnen Dünſten gebildet ward. fig. 104.

Die farbichten Kreiſe, welche man oft um Lichtflammen ſieht, ſchreibt er einzig und allein einer auf dem Auge befindlichen Feuchtigkeit zu, weil er dieſe Erſcheinung durch bloße Dünſte nicht hätte hervorbringen können, wenn er ſeine Augen wohl ausgewiſchet hatte. Auch hätte er wahrgenommen, ſaget er, daß ſolche Kreiſe von einigen Perſonen geſehen worden, von andern nicht, wie auch von derſelben Perſon zu einer Zeit, und zu einer andern nicht [i]).

Huygens künſtliche Erklärung.

Die vornehmſte Theorie der Höfe, welche den meiſten Beyfall erhalten hat, iſt die von Huygens vorgetragene. Newton redet mit vieler Achtung davon,

h) Gaſſendi Opera, vol. 2. p. 103.

i) Curſus mathematicus, vol. 3. p. 758.

und Smith, in seinem vollständigen Lehrbegriff der Optik, nimmt sich nicht die Mühe, eine andere nur zu erwähnen. Deswegen werde ich dem Leser eine umständlichere Nachricht davon zu ertheilen haben, als ich sonst selbst denken sollte, daß sie verdienete.

Huygens machte seine Gedanken bey Gelegenheit des am 12 Merz 1667 zu Paris gesehenen Hofes bekannt, und las in der dortigen Akademie eine Abhandlung darüber vor, die nachher übersetzet in den englischen physikalischen Transactionen erschienen ist, und in Lowthorps Auszug, 2. B. S. 189 stehet. Dieser Auszug enthält aber bloß die Hauptstücke einer von ihm nachher über diese Materie verfertigten Abhandlung, welche er unvollendet gelassen hat. Sie ist von Dr. Smith übersetzet und etwas vermehret, und das folgende ist hauptsächlich daraus genommen k).

Die erste Veranlassung dieser Sache nachzudenken gab unserm Naturforscher die Erscheinung von fünf Nebensonnen zu Warschau im Jahre 1658, worauf er sogleich, wie er saget, erstlich die wahre Entstehungsart der Höfe, und darauf bald auch der Nebensonnen entdeckte.

Voraussetzungen.

Zur Erläuterung der folgenden Theorie ist zu bemerken, daß, wenn sich Körper in der Atmosspähre angeben lassen, die nach den bekannten optischen Gesetzen, es sey vermittelst der Brechung oder Zurückwerfung, die oben angeführten Erscheinungen hervorbringen können, wir die Hypothese, wenn sonst nichts schickliches erdacht werden kann, gelten lassen, und solche Körper als wirklich vorhanden annehmen müssen, sollten wir auch gleich nicht im Stande seyn, ihre Entstehungsart völlig begreiflich zu machen. Das ist der Fall mit den vom Huygens angenommenen Körpern, wovon die eine Gattung runde Kügelchen mit einer undurchsichtigen Schale, und die andere, Cylinder von ähnlicher Beschaffenheit sind. Die erste braucht er zur Erklärung der Nebensonnen. Ganz willkührlich sind diese Körper doch nicht erdacht; denn man hat dergleichen, wiewohl etwas größer, als Huygens die seinigen machet, wirklich gefunden, die inwendig aus Schnee, auswärts aus Eis bestanden. Descartes insbesondere erwähnet ihrer. Ich mache mit dieses Verfassers Erklärung der Höfe den Anfang.

Art der Brechung der Strahlen.

Die Kügelchen mit dem undurchsichtigen Kerne nimmt er etwa so groß als Rübesaamen an, stellet aber, zur Erklärung seiner Meynung, die Figur eines solchen vergrößerten Kügelchens dar, nämlich ABCD, wo EF den Kern vom Schnee bedeutet. Wenn die von GH herkommende Strahlen auf die Fläche AD fallen, so müssen sie zur Seite gelenket werden, so daß ein Theil auf den Kern stößet, andere ihn berühren, und nach einer nochmaligen Brechung in B und C nach BK, CK herausfahren, und sich in K, kreuzen, einem Puncte, der um etwas weniger als der Halbmesser des Kügelchens von diesem entfernet ist. Wenn also BK und CK nach M und L hin verlängert werden, so kann in ein innerhalb des Winkels oder viel-

fig. 105.

k) Sie ist unter seinen Opp. posthumis unter dem Titel: dissertatio de coronis et parheliis herausgekommen. K.

vielmehr Kegels LKM befindliches Auge kein Licht von der Sonne kommen, weil die übrigen weiter von dem Kerne vorbeygehenden Strahlen noch mehr auseinander fahren. Auf gleiche Art haben alle andere ähnliche Kügelchen einen Schattenkegel hinter ſich, innerhalb deſſen das Auge keine Strahlen durch das Kügelchen bekommen kann. Iſt das Auge in N, und ſtellet man ſich dieſen Punct als den Scheitel eines Kegels vor, deſſen Seiten NR, NQ mit den Seiten des obigen Kegels KL, KM parallel ſind, ſo kann keines von den Kügelchen innerhalb des Kegels QNR Strahlen in das Auge bey N ſenden. Aber jedes andere Kügelchen außerhalb des Kegels QNR kann Strahlen in das Auge ſchicken, ſolche nämlich, die mehr als der Strahl XZ gebrochen werden; und daher wird ein ſolches erleuchtet, die andern innerhalb des Kegels dunkel erſcheinen. Demnach muß eine gewiſſe Area oder Fläche rund um die Sonne herum dunkel ausſehen, die Theile außerhalb dieſer Fläche aber helle, und zwar nahe an derſelben am helleſten, weil es leicht, ſaget unſer Verfaſſer, zu erweiſen ſteht, daß die zunächſt dem Kegel QNR befindlichen Kügelchen das größeſte Bild der Sonne machen. Es muß auch ein Hof um die Sonne, bey jeder Höhe derſelben, auf dieſelbe Art entſtehen, weil die Kügelchen, ſowohl wie der Kern, kugelrund ſind. fig. 108.

Zur Beſtätigung ſeiner Erklärung ſaget Hungens, ſolle man eine Kugel von dünnem Glaſe, die mit Waſſer gefüllet iſt, und eine undurchſichtige kleinere Kugel enthält, in die Sonnenſtrahlen hängen, ſo werde man kein Bild der Sonne auf ihr ſehen können, wenn ſie nicht bis auf eine gewiſſe Weite von der Linie, die durch das Auge nach der Sonne geht, entfernet wird; ſobald man aber das Sonnenlicht von ihr zu erhalten anfange, werde man ein helle leuchtendes Bild der Sonne, und zugleich eine rothe Farbe erblicken. Verſuch zur Beſtätigung.

Dieſe Kügelchen, nimmt er an, ſind zuerſt ſehr feiner Schnee geweſen, der durch die beſtändige Bewegung der Luft die runde Geſtalt bekommen hat, und darauf nach außen hin aufgethauet iſt. Er berechnet, daß ſich der Halbmeſſer des ganzen Kügelchens zu dem Halbmeſſer des Kernes, wie 1000 zu 480 verhalten müſſe, wenn der Hof 45 Grad im Durchmeſſer groß ſeyn ſoll; und wie 1000 zu 680, wenn er 90 Gr. halten ſoll.

Weidler hält es in ſeiner über die Nebenſonnen zu Wittenberg 1738. herausgegebenen Abhandlung für ſehr unwahrſcheinlich, daß Körper, wie Hungens ſie vorausſetzet, juſt mit den gehörig abgemeſſenen Kernen, vorhanden ſeyn ſollten; und wenn ſie auch wirklich wären, würden ſie, wie er glaubet, doch zu klein ſeyn, die ihnen zugeſchriebenen Wirkungen hervorzubringen. Außerdem, ſaget er, ſind Erſcheinungen, wie Höfe, nichts ungewöhnliches, wenn auch nichts anders als wäſſerichte Feuchtigkeiten vorhanden iſt, als wenn ein brennend Licht hinter dem Dampfe von kochendem Waſſer bey Froſtwetter, oder in die aus einem Bade häufig aufſteigenden Dünſte, oder hinter einem Recipienten geſtellet wird, worinn die Luft ſo verdünnet iſt, daß ſie die in ihr enthaltenen Waſſertheilchen nicht mehr tragen kann. Bloß kleine Waſſertropfen, ohne einen undurchſichtigen Kern, in welchem das Sonnenlicht zweymal gebrochen und zweymal zurückgeworfen worden, ſeyn hinläng- Weidlers Einwendungen.

lich, alle die Erscheinungen solcher Höfe hervorzubringen, an welchen die rothe Farbe nach der Sonne hinliegt, wie es sich auch durch die Erfahrung beweisen lasse l).

Mariottens Erklärung

Mariotte leitet die Entstehung der kleinen Höfe von der zweymaligen Brechung des Lichtes in wässerichten Dünsten ohne eine dazwischen vorfallende Zurückwerfung her. Die Strahlen, welche solchergestalt durch die Tropfen ins Auge kommen, werden, wie er zeiget, hauptsächlich die fast senkrecht auffallenden seyn, nicht allein, weil von diesen auf eine gegebene Fläche mehrere fallen, und weniger zurück geworfen werden, sondern auch, weil sie nach der Brechung weniger zerstreuet werden. Höfe, welche auf diese Art entstehen, werden auswärts roth erscheinen, weil die rothen Strahlen am wenigsten gebrochen werden. Diejenigen Höfe, welche zwo Reihen von Farben zeigen, läßt er aus kleinen Stücken Schnee entstehen, die, indem sie zu schmelzen anfangen, Figuren machen, die gegen die Enden zu etwas erhoben sind. Bisweilen, saget er, werde der Schnee in allerhand Figuren sich auflösen; alsdenn würden die Farben eines Hofes sich mit einander vermischen, wie er es bisweilen um die Sonne wahrgenommen habe.

Die größern Höfe, besonders die von etwa 45 Gr. im Durchmesser, zu erklären, nimmt er gleichseitige Prismen von Eis an, welche er in einer gewissen Lage gegen die Sonne sich vorstellet; und giebt sich auch die Mühe den Weg der Strahlen nach dieser Angabe zu zeichnen. Allein diese Erklärung ist zu unwahrscheinlich, als daß ich mich weiter dabey aufhalten dürfte. Er glaubet, daß auch in einigen Fällen diese größern Höfe durch Hagelsteine von pyramidalischer Figur hervorgebracht werden möchten, weil ein paarmal, nachdem man solche Höfe um die Sonne gesehen hat, denselben Tag dergleichen pyramidalischer Hagel gefallen ist. Die Nebensonnen erkläret Mariotte auf dieselbe Art m).

Newtons Gedanken.

Newton hat sich, so viel man sieht, um die Erklärung der Höfe nicht besonders bekümmert, aber doch seine Meynung davon gelegentlich geäußert. Man erkennt daraus, daß er glaubet, die größern und wenigern Abwechselungen unterworfenen Erscheinungen dieser Art mögen nach den allgemeinen Gesetzen der Brechung entstehen, die kleinern und veränderlichern aber mit den Erscheinungen der Farben an dünnen Blättchen einerley Ursache haben. Seine Erklärung des Regenbogens beschließt er mit folgenden Anmerkungen über Höfe und Nebensonnen. Das Licht, welches durch Regentropfen nach zwo Brechungen ohne Zurückwerfung geht, muß am stärksten in einer Entfernung von etwa 26 Gr. von der Sonne seyn, und von da auf beyden Seiten nach der Sonne hin und von ihr abwärts allmählig schwächer werden. Dasselbe gilt auch vom Lichte, welches durch sphärische Hagelkörner geht. Sind diese nur ein wenig platt gedrücket, wie sie es oft sind, so kann das durchgehende Licht so stark seyn, daß dadurch in einer etwas kleinern Entfernung als 26 Gr. ein Hof um die Sonne oder den Mond entsteht, der auch, wenn der Hagel die gehörige Gestalt hat, Farben bekommen kann, und denn muß er inwendig roth durch die am wenigsten brechbaren Strahlen, auswärts blau durch die brechbarsten

l) Comment. de parheliis, p. 24. m) Oeuvres de Mariotte, p. 288. seqq.

barſten erſcheinen; noch mehr, wenn die Hagelkörner inwendig undurchſichtige Kerne von Schnee haben, um, wie Huygens gezeiget hat, das Licht innerhalb des Hofes aufzufangen, und die inwendige Seite deutlicher begränzet zu machen, als ſie es ſonſt ſeyn würde. Denn ſolche Hagelkörner, wenn ſie gleich ſphäriſch ſind, können dadurch, daß ſie das Licht durch den Schnee auffangen, den Hof inwendig roth, auswärts farbenlos, und innerhalb des rothen dunkler als auswärts machen, wie es an den Höfen wahrgenommen wird. Unter den Strahlen nämlich, die nahe an dem Kerne vorbeyfahren, werden die rothen Strahlen am wenigſten gebrochen, und kommen durch den geradeſten Weg ins Auge. Das Licht, füget er hinzu, welches nach zwo Brechungen und drey oder mehr Zurückwerfungen in dem Tropfen ins Auge kömmt, iſt ſchwerlich ſtark genug, einen Bogen empfindbar zu machen; vielleicht mag es aber in den Cylindern von Eis, welche Huygens zur Erklärung der Nebenſonnen brauchet, noch hiezu hinlänglich ſeyn [n]).

Noch einige hieher gehörige Anmerkungen vom Newton finden ſich bey ſeinen Unterſuchungen über die Farben dicker Gläſer, welche er mit denen an dünnen Blättchen erzeugeten für gleichartig hielt. So wie das von der Hinterfläche eines foliirten Linſenglaſes zurückgeworfene Licht, gewiſſe Farbenringe hervorbringt, ſo muß es auch dergleichen Ringe bey dem Durchgange durch einen Regentropfen machen. Bey der erſten Zurückwerfung der Strahlen innerhalb des Tropfens müſſen einige Gattungen von Strahlen durchgelaſſen werden, wie es ſonſt bey einer Linſe geſchieht, und die andern werden zurück ins Auge geworfen. Iſt z. E. der Durchmeſſer eines kleinen Waſſertropfens $\frac{1}{500}$ Zoll groß, ſo daß ein rother Strahl 250 Anwandlungen des leichtern Durchgehens innerhalb des Kügelchens hat, indem er längſt dem Durchmeſſer fortgeht, und daß alle rothe Strahlen, die in einer gewiſſen Entfernung von dieſem mittlern ſind, 249 Anwandlungen innerhalb des Kügelchens haben, daß ferner alle ähnliche Strahlen in einer noch etwas größern Entfernung 248 ſolche Anwandlungen bekommen, und ſo weiter: ſo werden dieſe concentriſche Kreiſe von Strahlen, wenn ſie nach ihrem Durchgange auf ein weißes Papier fallen, concentriſche Farbenringe darauf bilden, woferne anders das Licht ſtark genug iſt, um empfindbar zu bleiben. Gleichergeſtalt werden die Strahlen von andern Farben Ringe von andern Farben darſtellen. Man gedenke ſich nun an einem heitern Tage die Sonne von einer dünnen Wolke ſolcher Waſſer- oder Hagelkügelchen bedecket, die alle von gleicher Dicke ſind, ſo wird ſie durch dieſe Wolke mit dergleichen concentriſchen Farbenringen umgeben ſcheinen, und der Durchmeſſer des erſten rothen Ringes wird $7\frac{1}{4}$ Gr. des zweyten $10\frac{1}{4}$ Gr. des dritten 12° 33′ betragen, und nachdem die Waſſerkügelchen größer oder kleiner ſind, werden die Ringe kleiner oder größer ausfallen.

Dieſe Theorie ward, wie unſer Verfaſſer erzählet, durch eine von ihm im Junius 1692. gemachte Beobachtung beſtätiget. In einem Gefäße mit ſtillſtehendem Waſſer ſahe er mittelſt der Zurückſtrahlung drey Höfe oder Farbenringe um die Newtons Wahrnehmungen.

n) Newtoni Optica. L. 2. P. 2. prop. 9. p. 146.

die Sonne, wie drey kleine concentrische Regenbogen. Die Farben des ersten zunächst der Sonne waren blau inwärts, roth nach außen, weiß in der Mitte zwischen dem blauen und rothen. Der zweyte Ring war inwärts purpur und blau, nach außen blaßroth, grün in der Mitte. Der dritte Ring war blaßblau nach innen, und blaßroth nach außen. Diese Ringe schlossen sich dicht an einander, so daß ihre Farben in folgender Ordnung gleich auf einander von der Sonne nach außen hin folgeten; blau, weiß, roth; purpur, blau, grün, blaßgelb, roth; blaßblau, blaßroth. Der Durchmesser des zweyten Ringes von der Mitte des gelben und rothen auf der einen Seite der Sonne bis eben dahin auf der andern Seite betrug ohngefähr $9\frac{1}{2}$ Grad. Die Durchmesser der beyden andern Ringe hatte er nicht die Zeit zu messen, es schien aber der erste Ring etwa 5 oder 6 Grad, der dritte etwa 12 Grad breit zu seyn. Zween dergleichen Ringe sahe er um den Mond im Jahre 1664. den 19. Februar des Abends, wovon der innere drey Grad, der zweyte $5\frac{1}{2}$ Grad groß war. Zunächst um den Mond war ein weißer Kreis, worauf der innere Ring folgete, der inwärts bläulicht grün, und nach außen gelb und roth war, und zunächst diesem folgeten blau und grün an der innern Seite des zweyten Ringes, und roth auf der äußern Seite desselben.

Zu eben der Zeit erschien ein Hof in einer Weite von 22° 35′ vom Monde. Er war elliptisch, seine große Axe war senkrecht auf den Horizont, und unterhalb des Mondes länger als darüber. Andere haben, wie ihm erzählet ward, zuweilen drey und mehr concentrische Farbenringe, die sich zunächst um den Mond an einander geschlossen, gesehen. Je gleicher sich nämlich die Wasser- oder Eiskügelchen einander kommen, desto mehr Ringe werden sich sehen lassen, und desto lebhafter werden ihre Farben seyn. Der Hof, welcher $22\frac{1}{2}$ Gr. vom Monde abstand, war von einer andern Gattung. Weil er länglicht, und mit seinem untern Ende weiter vom Monde abstand, als mit dem obern Ende, so folgert Newton daher, daß derselbe durch die Brechung der Strahlen in einer Art von Hagel oder Schnee, der in der Luft horizontal geschichtet gewesen, entstanden sey[o]. Allein Dr. Smith zeiget deutlich genug, daß es nur ein Gesichtsbetrug gewesen, daß der Hof diese Figur gehabt, so wie der Mond selbst am Horizonte größer zu seyn scheint.

Kotelnikow's Erklärung.

Simon Kotelnikow, der so wie Halley über die Zahl der möglichen Regenbogen genaue Untersuchungen angestellet, sieht den bunten Hof, der bisweilen um eine Lichtflamme erscheint, als von einerley Art mit einem der Regenbögen an, die nahe bey der Sonne erscheinen würden, wenn ihr überstarker Glanz es nicht hinderte [p].

Musschenbroeks Meynung.

Musschenbroek endlich beschließt seine Nachrichten von Höfen damit, daß er saget, es möchten Dünste oder Scheibchen Eis von einer gewissen Dicke nach Maaßgabe dieser Dicke das Licht entweder bey dem Durchgange durch die Wasserkügelchen selbst oder durch ihre Zwischenräumchen in allerhand Farben zerspalten, läßt

o) Ibid. L. 2. P. 4. obs. 13. p. 269. p) Noui Comm. Petrop. vol. 7. p. 276.

läßt ſich aber auf eine nähere Beſtimmung dieſer Dicke oder der Größe ihrer Theilchen nicht ein q).

Das ſind alle die Bemerkungen von Wichtigkeit, die ich, was die Höfe betrifft, habe zuſammenbringen können. Ich muß mich itzt zu der Betrachtung eines weit prächtigern Phänomenons oder vielmehr einer ganzen Reihe von Erſcheinungen wenden, welche zu ſehen, man ſelten das Vergnügen hat: ich meyne die Nebenſonnen und die ſie begleitenden Kreiſe.

Hiſtoriſche Nachrichten von Nebenſonnen.

Der Nebenſonnen erwähnen ſchon die Alten. Ariſtoteles erzählet, daß man zwo im Bosphorus vom Morgen bis zum Abend geſehen habe, wiewohl man ſonſt, ſaget er, ſie gewöhnlich nicht ſieht, als wenn die Sonne nahe beym Horizonte iſt. Plinius hat aller der Bürgermeiſter Namen uns aufbehalten, unter welchen man Nebenſonnen zu Rom geſehen hat. Gaſſendi berichtet, daß er in den Jahren 1635. und 1636. oft eine Nebenſonne erblicket habe. Im J. 1689. ſahe de la Hire zwo, desgleichen Caſſini im J. 1693; Grey im J. 1700. und Halley im J. 1702; aber die berühmteſte Erſcheinung dieſer Art, war die von Scheinern zu Rom wahrgenommene, da vier Nebenſonnen ſich zeigeten. Doch hat Muſſchenbroek zu Utrecht eben ſo viele geſehen, und Hevel zu Danzig im J. 1661. ſogar ſieben.

Geſtalten der Nebenſonnen.

Die Nebenſonnen haben einerley ſcheinbare Größe mit der wahren Sonne, ſind aber nicht kreisrund, auch nicht immer, wiewohl ſie es bisweilen ſeyn ſollen, ſo glänzend wie die wahre Sonne. Wenn ihrer mehrere ſich zeigen, ſo glänzen einige nicht ſo ſtark wie die andern. Am Rande ſind ſie farbicht wie der Regenbogen, auch haben ſie oft einen langen feurigen Schweif, nach der von der Sonne abgekehrten Seite, der aber nach dem Ende hin blaſſer wird. Halley hat eine Nebenſonne geſehen, die auf beyden Seiten einen Schweif hatte, desgleichen Muſſchenbroek im J. 1753. Dieſe Schweife lagen in der geraden Linie nach der Sonne hin; auch hat man Schweife auf farbichten Kreiſen liegen geſehen. Weidler ſahe eine Nebenſonne mit zween Schweifen, einen aufwärts, den andern unterwärts gekehret, und ein wenig gekrümmet; der auswendige Rand in Abſicht auf die Sonne war purpurfärbig, der inwendige roth mit den andern Regenbogenfarben. Dieſe Schweife liegen mehrentheils in einem horizontalen Kreiſe; bisweilen fehlen ſie r).

Höfe bey den Nebenſonnen.

Nebenſonnen ſind gewöhnlich von Höfen begleitet, die zum Theil weiß, zum Theil wie der Regenbogen gefärbet ſind. Ihre Zahl und Größe iſt unterſchiedlich, ihre Breite aber iſt allemal dieſelbe, ſo groß wie der ſcheinbare Durchmeſſer der Sonne. Ein großer weißer, mit dem Horizonte paralleler Kreis geht mehrentheils durch alle Nebenſonnen, und würde, wenn er ganz wäre, durch den Mittelpunct der Sonne gehen. Bisweilen ſind noch Bögen kleinerer, mit dieſem concentriſchen Kreiſe vorhanden, welche durch die farbichten Kreiſe um die Sonne gehen, und ſie bloß mit ihrer Breite, in der durch die Sonne und das Zenith gehenden

q) Introductio, p. 1037.

r) Ibid. p. 1039.

henden Ebene, bedecken; sie sind auch farbicht, und enthalten andere Nebensonnen. Es sollen sich auch wohl noch andere Kreise in einer schiefen Lage gegen jene haben sehen lassen, wovon ich aber keine bewährte Nachrichten finde. Die Ordnung der Farben an den bunten Kreisen ist wie an dem Regenbogen; inwärts nach der Sonne sind sie roth, wie es mehrentheils bey den Höfen um die Sonne zu seyn pfleget.

Nebensonnen mit drey Schweifen.

Eine merkwürdige Erscheinung dieser Art sahe **Musschenbroek** im J. 1753. den 18. October zu Leiden. Es war nur eine einzige Nebensonne, die aber drey Schweife hatte, zween mit dem Horizont gleichlaufend, den dritten senkrecht aufwärts gerichtet. Dieser war 12. Gr. lang, mit den Regenbogenfarben lebhaft geschmücket, von welchen das rothe nach der Sonne gekehret war. Nach dem Zenith hin zeigete sich ein farbichter Bogen, so groß als der vierte Theil eines mit dem Horizonte gleichlaufenden Kreises von 50 Grad im Durchmesser. Er war so breit als ein Hauptregenbogen, und war mit der erhabenen Seite nach der Sonne gekehret, von welcher er 47 Grad abstand. Die sieben Regenbogenfarben, von welchen das rothe nach der Sonne zugekehret war, waren ganz besonders lebhaft, und deutlicher unterschieden, als man sie durch das beste Prisma sehen mag. Der Himmel war damals mit einem dünnen Nebel bedecket, mit hin und wieder zerstreueten kleinen weißen Wolken, und es regete sich kein Wind.

Farbichte Bogen ohne Nebensonne.

Eine Erscheinung, die, wie Musschenbroek dafür hält, dieser von ihm wahrgenommenen ähnlich ist, ward 1750. von **Grischow** zu Berlin gesehen. Es war zwar keine Nebensonne daben vorhanden, aber es zeigeten sich zween farbichte, gegen die Sonne erhabene Bogen, wovon der äußere 47° 10′ von der Sonne, die 18° 30′ hoch stand, entfernet war, und der innere von diesem ersten 7° abstand. An jenem folgeten die Regenbogenfarben nach der Ordnung, so daß roth den Anfang von außen auf der Seite nach der Sonne machete; an dem innern war die Ordnung umgekehret. Die Erscheinung dauerte eine halbe Stunde. Zu Anfange derselben und einige Stunden vorher hatte es nicht geregnet; es entstanden aber in der Gegend, wo sie war, trübe schwarze Wolken, aus welchen ein starker Regen fiel.

Elliptische Höfe.

Herr **Aepinus** sahe den 23. April 1758. um einen Hof um die Sonne noch eine weiße elliptische Scheibe, deren kleine Are auf den Horizont senkrecht, und so groß als der Durchmesser des Hofes war. Eben diese Erscheinung sahe er deutlicher am 13. May, wie sie fig. 107. vorgestellet ist. Am 15. Octob. 1758. sahe er neben dem Hofe CEFD einen Bogen IHK, dessen Mittelpunct in das Zenith fiel, und der eben solche Farben wie der Hof hatte. Der oberste Punct H war 45 Grad von der Sonne entfernet. Er vermuthet, daß Nebensonnen mit elliptischen Höfen in den nördlichen Gegenden häufiger sind, so wie die mit kreisförmigen in den südlichern Ländern [5]).

fig. 107.
fig. 108.

Lage und Dauer der Nebensonnen.

Nebensonnen liegen gewöhnlich in den Durchschnitten der Kreise, wiewohl **Cassini** sie auch außerhalb des farbichten Kreises gesehen hat, doch so, daß ihre Schweife

5) Noui Comm. Petrop. Vol. 8. p. 393 sq.

Schweife in einem horizontal laufenden Kreiſe lagen. Die Erſcheinungen der Nebenſonnen dauern eine, zwo, drey, ja vier Stunden; und in Nordamerika ſollen ſie einige Tage anhalten, und vom Aufgange der Sonne bis zum Untergange ſichtbar bleiben [t]).

Beſtändige Nebenſonnen.

Hr. **Wales** erzählet, daß zu Churchill in der Hudſonsbay vor der Sonne bey ihrem Aufgange allemal zween lange rothe Lichtſtröme vorhergehen, auf jeder Seite etwa 20 Grad von ihr, einer. Sie ſteigen mit der Sonne zugleich in die Höhe, und beugen ſich, ſo wie ſie länger werden, gegen einander, bis ſie gerade über die Sonne, in dem Augenblicke, da ſie aufgeht, zuſammenkommen, und daſelbſt eine Art von Nebenſonne bilden. Dieſe beyden Lichtſtröme, ſaget er, ſcheinen von zwo andern Nebenſonnen, die mit der wahren Sonne zugleich aufgehen, herzukommen. In der Winterzeit, wenn die Sonne niemals über den Nebel ſich erhebt, der daſelbſt immer am Horizonte liegt, begleiten dieſe Nebenſonnen immerfort den ganzen Tag die Sonne, und gehen mit ihr auf dieſelbe Art unter, wie ſie aufgiengen. Ein oder zweymal ſahe er noch eine vierte Nebenſonne gerade unter der wahren, welches aber, wie er ſaget, etwas ſeltenes iſt [u]). Dieſe Ereigniſſe ſind wegen ihrer unveränderlichen Art von Wichtigkeit, und können zur Erklärung dieſer merkwürdigen Erſcheinungen viel beytragen.

Drey Sonnen über einander.

Bisweilen laſſen ſich die Nebenſonnen noch auf eine andere Art ſehen. So hat **Malezieu** im Jahre 1722. drey Sonnen gerade und dichte über einander geſehen, die deutlich abgeſchnitten waren, wovon die unterſte den Horizont berührete, und die mittlere die wahre Sonne war. Andere Erſcheinungen dieſer Art erzählet Muſſchenbroek [v]).

Andere Erſcheinungen.

Bisweilen iſt die Sonne mit einem leuchtenden ſenkrecht aufſtehenden Schweife, der ſo breit wie ſie ſelbſt war, aufgegangen. Dergleichen hat **Caſſini** in den Jahren 1672. und 1692, **de la Hire** im J. 1702. und **Ellis** in der Hudſonsbay wahrgenommen.

Feuillee ſahe einſt, da er an den Ufern des Fluſſes de la Plata ſpatzieren gieng, die Sonne über dem Fluſſe mit einem niederwärts geſtreckten Lichtſchweife aufgehen, der ſo lange dauerte, bis die Sonne ſechs Grad hoch war [w]).

Nebenmonden.

Man hat auch Nebenmonden zugleich mit Schweifen und farbichten Kreiſen geſehen, eben ſo wie bey den Nebenſonnen. Nachricht davon und die Beſchreibung einer ſehr ſchönen ſolchen Begebenheit findet man beym Muſſchenbroek [x]).

Das **Römiſche Phänomenon**, welches **Scheiner** 1629. den 20. März wahrgenommen, iſt ſo berühmt, weil es das erſte ſeiner Art war, welches die Naturforſcher aufmerkſam darauf machte, daß meine Leſer ſich wundern würden, wenn

t) Muſſchenbroek Introd. p. 1041.
u) Philoſ. Tranſ. vol. 60. p. 129.
v) Introductio, p. 1046.
w) Ibid. p. 1047.
x) Ibid. p. 1046.

sie hier keine Beschreibung davon fänden. Ich will diese also hier nebst der Abbildung mittheilen y).

Römisches Phänomenon. fig. 109.

Es ist hier A der Platz des Beobachters, B sein Zenith, C die wahre Sonne, AB eine Ebene durch den Ort des Zuschauers, die wahre Sonne und das Zenith. Um die Sonne giengen zween, nicht geschlossene, aber farbichte Ringe. Der kleinere DEF war vollständiger und vollkommener, und wenn er gleich von D bis F offen war, so suchten diese Enden sich doch immer einander zu nähern, und rückten auch bisweilen zusammen. Der andere GHI war weit blasser und kaum zu erkennen; zwar bunt von Farben, aber sehr unbeständig. Der dritte Kreis KLMN war sehr groß, ganz weiß, gieng mitten durch die Sonne, und war allenthalben mit dem Horizonte gleichlaufend. Anfangs war dieser Kreis ganz, ward aber gegen das Ende der Erscheinung von M nach N blaß und unterbrochen, daß er fast gar nicht zu erkennen war. In dem Durchschnitte dieses Kreises mit dem äußern Regenbogen GHI entstanden zwo nicht ganz vollkommene Nebensonnen N und K, wovon diese schwächer, jene stärker glänzete. In ihrer Mitte leuchteten sie fast eben so sehr wie die wahre Sonne, allein nach dem Rande hin hatten sie Farben, wie der Regenbogen, und waren da auch nicht rund und glatt abgeschnitten, sondern ungleich und höckricht. Die Nebensonne N zitterte beständig, und warf einen feuerfarbenen Schweif NP von sich. Die Nebensonnen in L und M in dem horizontalen Kreise waren nicht so glänzend wie jene, aber runder und weiß, so wie der Kreis, worauf sie sich befunden. Die Nebensonne N verschwand eher als die K, und so wie jene abnahm, nahm diese an Glanze zu, und verschwand zu allerletzt. Auch ist noch zu bemerken, daß die Ordnung der Farben in den Kreisen DEF, GHI eben die wie die an den gewöhnlichen war, nämlich das rothe war zunächst der Sonne; auch war der Durchmesser des einen Kreises 45 Gr. so groß als die Höfe mehrentheils zu seyn pflegen z).

Erklärung des Descartes

Zur Erklärung des horizontalen Kreises, an welchem die Nebensonnen erscheinen, nimmt **Descartes** an, daß eine große Menge gefrorner Dünste, durch entgegengesetzte Winde zusammengetrieben, einen gewaltig großen Cylinder bilden, der das darauf fallende Licht nach allen Seiten hin zurückwirft, und solchergestalt den hellen Schein auf den herum liegenden Wolken bildet. Dieser Einfall verdienet keine Widerlegung, so wie auch in seinem ganzen Versuche zur Erklärung des Römischen Phänomenons nichts ist, was angeführet zu werden verdienete a).

und des Dechales.

Dechales bezeiget seine Unzufriedenheit mit allem, was bis dahin über Nebensonnen geschrieben war, hält es aber doch für möglich, daß sie durch die Zurückwerfung des Sonnenlichtes von den Wolken unter gewissen Umständen entstehen möchten,

y) Zur deutlichern Vorstellung dieser Zeichnung muß man sich die Kreise auf einer künstlichen Himmelskugel, welche man von außen betrachtet, gezogen gedenken, die beyden bey E und H in gleicher Weite von dem Orte der Sonne C, und den Kreis CKLMN in gleicher Weite vom Zenith durch die Sonne. K.

z) Cartesii Meteoron. c. 10. Hugenius de cor. et parheliis, §. 7.

a) Dioptrica, p. 234.

ten, wenn dieſe gleich ſonſt überhaupt nicht glatt genug und von der gehörigen Figur ſind, um ein vollkommenes Bild der Sonne darzuſtellen. Denn ſein Lehrer in der Philoſophie hatte ihm erzählet, daß einſt alle Einwohner zu Veſoul in Bourgogne durch die Erſcheinung eines bewaffneten Soldaten in der Luft in ein greuliches Schrecken gerathen wären, welches Luftbild, wie er nach genauer Unterſuchung gefunden, von einem Bilde des heil. Michaelis entſtanden ſeyn müſſe, das eben auf der Kirche geſtanden, und ſich in den Wolken abgeſpiegelt habe. Allein, wenn dieſes ſich wirklich ſo verhalten hätte, warum hatte ſich nicht die Kirche ſelbſt, oder doch ein Theil derſelben mit abgebildet? Wenn es der Leſer für gut findet, im Dechales nachzuſchlagen, ſo wird er daſelbſt dieſe Geſchichte in einem ſehr ernſthaften Tone erzählet finden.

Huygens gab ſich um die Erklärung der Nebenſonnen und der damit verknüpften Erſcheinungen nicht weniger Mühe, als er es wegen der Höfe gethan hatte. Man wird von mir vermuthlich eine Nachricht von ſeiner Hypotheſe erwarten, die ich um ſo viel lieber ertheile, da ſie in verſchiedenen Stücken wahrſcheinlich iſt, und überhaupt gegenwärtig mehr Beyfall findet, als ſeine Erklärung der Höfe. und des Huygens.

Sobald dieſer Naturforſcher ſich an die Unterſuchung dieſer Sache machte, ſahe er auch ein, daß die Erſcheinungen der Nebenſonnen nicht von ſolchen kleinen Kügelchen entſtehen könnten, als wodurch er die Höfe erkläret hatte. Weil inzwiſchen Nebenſonnen immer von Höfen begleitet ſind, ſo dachte er, ſie könnten nicht anders als von einer ähnlichen Urſache herrühren. Da er nun herumſann, was für andere Geſtalten, als die kugelförmige, Hagelſteine wohl möchten haben können, fand er dazu keine ſchicklicher als die cylindriſche, um deſto mehr, da er oft bemerket hatte, daß die Schneeflocken unter andern aus dünnen langen Theilchen beſtünden. Die kleinen Kügelchen hatte er zur Erklärung der Höfe hinlänglich gefunden, alſo dachte er, eine große Menge kleiner Cylinder, die in der Luft herum ſchwömmen, möchten ähnliche Erſcheinungen hervorbringen. Auch erinnerte er ſich, daß Descartes gewiſſer kleiner Säulchen erwähnet, die er auf dem Boden hatte liegen geſehen, und die an den Enden mit flachen ſechseckigten Sternchen begränzet geweſen waren.

Den großen und weißen horizontalen Kreis in dem römiſchen Phänomenon erkläret Huygens durch die Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen von der Außenfläche dieſer aufrechtſchwebenden Cylinderchen, weil, wenn die Sonne auf eine Menge ſolcher Körperchen ſcheinet, ein gewiſſer durch die Sonne gehender horizontaler Ring von gleicher Breite mit derſelben nothwendig entſtehen muß. Dieſes zeiget er ganz deutlich durch eine Zeichnung eines ſolchen Cylinders im Großen, und des Weges, welchen die zurücke geworfenen Strahlen der Sonne nehmen müſſen. Denn jeder Punct der Sonne, ſo gut wie derſelben Mittelpunct, erleuchtet einen Kreis von Cylindern, deſſen ſcheinbare Höhe mit der Höhe des erleuchtenden Punctes einerley iſt. Man muß dabey bemerken, daß, ſo wie die Sonne ihre Höhe ändert, dieſer Kreis ſeine Höhe mit ihr gleichfalls ändert, und größer oder kleiner wird; wie auch daß verſchiedene von einander weit abſtehende Zuſchauer dennoch jeder ſeinen beſondern, Erklärung des horizontalen Kreiſes.

durch die Sonne gehenden Kreis ſehe, wie es mit dem Regenbogen geſchieht. Ferner, daß zur Zeit der Erſcheinung dieſer Kreiſe oder Ringe keine dicke Wolken in der Luft wahrgenommen werden, ſondern nur ſo dünne, daß man ſie kaum erkennen kann, weil bey den meiſten Beobachtungen der Himmel als heiter angegeben wird. Dieſes ſtimmet ſehr wohl mit der Vorausſetzung überein, weil dieſe kleine Cylinder eine dünne, gleichförmig ausgedehnte Wolke bilden müſſen, durch welche man die Sonne und ſelbſt den blauen Himmel muß ſehen können.

Der beyden nächſten Nebenſonnen.

Die beyden Nebenſonnen bey N und K läſſet Hungens von eben dieſen aufrechtſchwebenden Cylinderchen entſtehen, aber vermittelſt einer gedoppelten Brechung der Sonnenſtrahlen, völlig auf die Art wie bey den Höfen, weil er die Cylinderchen inwendig aus Schnee, auswendig aus Eis beſtehen läſſet. Die Sonne kann wegen des Schneekernes durch die Cylinder nicht geſehen werden, die auf dem Bogen K N des weißen Kreiſes befindlich ſind, und deswegen iſt auch die Entfernung der Nebenſonnen von einander deſto größer, je größer der Schneekern gegen den ganzen Cylinder iſt. Die Sonne ſcheint am helleſten durch die außerhalb K N befindlichen und zugleich nächſt daran liegenden Cylinderchen, etwas auch noch durch die darauf folgenden, aber immer ſchwächer und ſchwächer bis auf eine gewiſſe Weite. Daher der Schweif der Nebenſonnen, welcher nach der Richtung des weißen Kreiſes hinläuft, und ſo weit er ſich erſtrecket, dieſen heller machet. Der Schweif der Nebenſonne N iſt zwar außerhalb des Kreiſes gezeichnet, allein dies muß ein Irrthum ſeyn. Hevel hat es beſſer angegeben. Obgleich der Nebenſonne K kein Schweif beygeleget wird, ſo muß doch gewiß ein Theil des weißen Kreiſes ſeinen Schweif ausgemacht haben, wenn er gleich nicht gut zu erkennen war, wie denn auch dieſe Nebenſonne ſchwächer als die andere am Glanze geweſen. Denn daß Nebenſonnen ſowohl als Nebenmonden immer Schweife haben, erhelle, ſaget Hungens, ſowohl aus Hevels Beobachtungen als ſeinen eigenen. Was endlich noch den außerordentlichen Glanz dieſer Nebenſonnen betreffe, ſo könne man dieſen leicht erklären, wenn man bedenke, daß jeder Cylinder nach ſeiner ganzen Länge glänze, dagegen die runden Körperchen bey den Erſcheinungen der Höfe und des Regenbogens nur wenig Licht geben, ſo daß ein einziger Cylinder vielleicht mehr leuchte, als zehen Kügelchen zuſammen genommen. Iſt nun eine große Menge ſolcher Cylinderchen in der Luft vorhanden, ſo ſey es kein Wunder, daß die Bilder der Sonne ſo glänzend werden.

Hierauf geht er, ſeine Hypotheſe zu beweiſen, die Brechung der Strahlen durch die erſt beſchriebenen Cylinder genau durch; berechnet die Entfernung der Nebenſonnen von der wahren Sonne, nach Maaßgabe der Höhe der Sonne, und folgert daraus, daß, wenn eine hinlängliche Menge von allerhand Cylindern, deren einige mehr, andere weniger geſchmolzen ſind, übereinander liegen, alsdenn außer den beyden der Sonne zur Seite nächſtliegenden Nebenſonnen, noch zwey oder mehr weiter hin, wiewohl immer auf dem weißen horizontalen Ringe erſcheinen können, wie es auch Hevels Beobachtungen im Jahre 1661, und die von Scheiner 1630 beſtätigen. Noch erhellet aus ſeinen Rechnungen und der daraus

gezoge-

gezogenen Tabelle, daß bey unveränderter Lage der Cylinderchen, die Entfernung der Nebenſonnen von der wahren Sonne größer wird, ſo wie dieſe Höhe ſteiget, und umgekehret, genau ſo, wie er es ſelbſt beobachtet hatte. Noch mehr mag aber dieſe Entfernung ſich verändern, wenn die Cylinder mehr zu ſchmelzen anfangen, auf welche Art ſich eine zur Zeit des Auguſtus vorgefallene Luftbegebenheit erklären läßt, da drey Sonnen zu gleicher Zeit erſchienen, und bald in eine einzige zuſammengezogen ſeyn ſollen.

Des Hofes um die Sonne.

Nun unternimmt unſer Verfaſſer auch die Erklärung des Hofes, der in dem Römiſchen Phänomenon die Sonne umgiebt. Hier konnte ihm ſeine erſte Hypotheſe zur Erklärung der Höfe nichts helfen. Denn wenn gleich wahrſcheinlicher Weiſe zu der Zeit, da kleine Cylinder in der Luft entſtehen, auch halb aufgethauete Kügelchen ſich in ihr aufhalten mögen, ſo iſt es doch ganz unbegreiflich, wie ſie juſt in der Maße genau aufgethauet werden können, daß der von ihnen hervorgebrachte Hof um die Sonne eben durch die Nebenſonnen geht. Cylinder, die nach allen Lagen in der Luft verſtreut liegen, können zwar, wie er zeiget, ſo gut wie Kügelchen, einen Hof verurſachen, allein es ſteht hiebey eben die Schwierigkeit im Wege. Es iſt aber, fähret er fort, zu bemerken, daß die Enden der angenommenen Cylinder nicht platt, ſondern abgerundet ſeyn müſſen, weil ſie oben und unten nicht anders als an den Seiten, und allenthalben gleichviel aufthauen. Darum werden nicht allein diejenigen Cylinder zur Seite der Sonne, welche die Nebenſonnen hervorbringen, Licht ins Auge ſchicken, ſondern auch diejenigen von den ſenkrecht ſchwebenden, welche zunächſt an einem gewiſſen Winkel herum oben, unten und zur Seite ſich befinden, und dieſe werden den Hof hervorbringen.

Verſuch zur Beſtätigung.

Er beſtätigte ſeine Theorie durch einen Verſuch, da er einen gläſernen Cylinder mit abgerundeten Enden machen ließ, welchen er mit Waſſer und mit einem undurchſichtigen Körper in der Mitte ausfüllete. Er fand auch, daß dieſer wirklich das Licht auf eine ſolche Art brach, daß dadurch die zu erklärende Erſcheinung verurſachet werden könnte. Gleichfalls glaubte er den von Hevelu bemerkten Umſtand, daß der durch die Nebenſonnen gehende Kreis nach oben und unten hin blaſſer erſcheint, aus der Brechung in den von ihm angenommenen cylindriſchen Körpern erklären zu können.

Entſtehungsart der beyden hintern Nebenſonnen.

Hierauf giebt er auch die Entſtehungsart der beyden Nebenſonnen L und M hinterwärts in dem großen weißen Kreiſe an, welche nach ihm, nicht durch eine Zurückwerfung, ſondern durch eine Brechung der Strahlen, wie in den Tropfen des Regenbogens hervorgebracht werden. Er beweiſet, daß ſie in dem großen weiſſen Kreiſe ſich befinden müſſen, und berechnet die Entfernung derſelben von einander, die er in dem römiſchen Phänomenon 90 Grad groß findet. In Scheiners Abbildung iſt zwar dieſe Entfernung über 90 Grad groß geſetzet; ſie ward aber weder gemeſſen, noch nach dem Augenmaße geſchätzet, und überhaupt gar nicht beſonders angegeben, und deswegen zweifelt Hungens gar nicht, daß ſie viel zu groß gemachet ſey. In dem römiſchen Phänomenon ſollen dieſe hintern Nebenſonnen weiß geweſen ſeyn, da ſie nach der Hypotheſe hätten gefärbet ſeyn müſſen. Hungens

gens glaubt alſo, daß ihre Weiße von der Schwäche ihres Lichtes hergerühret habe, aus welcher Urſache auch Höfe, und ſogar auch die Nebenſonnen zunächſt der wahren, nach des **Rechelius** genauer Beobachtung, weißlicht erſcheinen. Denn daß dieſe hintern Nebenſonnen auch bisweilen gefärbet erſcheinen, erhellet aus einer Nachricht des **Matthäus Paris**, der erzählet, daß außer der wahren Sonne vier rothe Nebenſonnen auf einem großen cryſtallfärbigen Kreiſe ſich hätten ſehen laſſen.

Wie ſie wegfallen können.

Sind die Cylinderchen in geringer Menge vorhanden, ſo kann dieſes verurſachen, daß die hintern Nebenſonnen ganz wegfallen, wenn gleich der weiße Kreis deutlich genug zu ſehen iſt, wie man dieſes auch oft bemerket hat. Oder, es kann dieſes auch daher entſtehen, daß die innern undurchſichtigen Cylinder in dem hintern Theile des weißen Kreiſes zu dicke gegen die ganzen Cylinder ſind. Denn Huygens berechnete, daß bey einer Höhe der Sonne von 25 Grad, wenn der Durchmeſſer des undurchſichtigen Cylinders gegen den Durchmeſſer des ganzen größer, als in dem Verhältniſſe von 590 zu 1000 iſt, keine Nebenſonnen hinten auf dem Kreiſe erſcheinen können.

Andere Umſtände erkläret.

Daß die hintern Nebenſonnen in dem Römiſchen Phänomenon runder als die zur Seite befindlichen geweſen, erkläret Huygens daher, daß zwar von den Cylindern in dem Bogen L M, einige der zunächſt bey L und M befindlichen Strahlen, durch die Brechung ins Auge ſenden, lange aber nicht ſo viele, als die in L und M vorhandenen. Deswegen werden dieſe Nebenſonnen keine Schweife haben. Auch geſchehen die Brechungen in den Cylindern, davon ſie herrühren, weit regelmäßiger, weil die Strahlen nicht nach der ungleichen Oberfläche des inwendigen Cylinders ihren Weg zu nehmen gezwungen ſind, ſondern von der völlig polirten Oberfläche des wäſſerichten Cylinders zurückgeworfen und gebrochen werden. Das Hin- und Hermanken der Nebenſonne N mag aus der bald größern bald geringern Anzahl von Cylindern entſtanden ſeyn, woraus ſich auch begreifen läßt, warum der Hof D E F unten bald offen bald geſchloſſen geweſen iſt, und warum die Nebenſonne K heller geworden iſt, als N ſchon verſchwinden wollte [b]).

Merkwürdiges von Hevelii beobachtetes Parhelion.

Nachdem Huygens ſolchergeſtalt das berühmte Römiſche Phänomenon erkläret hatte, unterſuchet er die bey einem andern ſolchen von **Hevelii** den 20. Februar 1661. zu Danzig wahrgenommenen Umſtände. Bey dieſem zeigeten ſich mehr Sonnen und mehr Kreiſe, und einige in einer andern Lage als bey jenem. Uebrigens kommen beyde doch ſo ſehr mit einander überein, und unſers Verfaſſers Erklärungen von beyden ſind ſich ſo ähnlich, daß ich nicht nöthig habe, mich ferner lange dabey aufzuhalten. Inzwiſchen will ich doch die Abzeichnung des Heveliſchen Phänomenons hiebey liefern, als welches außerordentlich ſchön iſt, und alle weſentlichen Abwechſelungen dieſes prächtigen Schauſpieles, die man ſonſt einzeln oft geſehen hat, zu vereinigen ſcheint [c]). Und dann nur ein paar Worte von Huygens ſeiner Erklärung.

Der

b) Smith's Opticks, vol. I. p. 220.

c) Hevel erinnert ausdrücklich, daß man ſich die Kreiſe dieſer Zeichnung auf der Oberfläche einer künſtlichen Himmelskugel gezogen

Der Hauptunterſchied zwiſchen dieſem und dem Römiſchen Phänomenon beſteht in den gegen die Sonne erhabenen Bogen QGR und THS, welche Huygens aus horizontal liegenden Cylindern erkläret. Die Nebenſonnen an dieſen umgekehrten Bogen, ſaget er, ſind nichts als die helleſten Theile derſelben, und deswegen erſcheinen ſie nie ganz deutlich, oder viel heller als die benachbarten Theile dieſer Bogen. Auch hat Hevel bey allen ſeinen Anmerkungen dieſer Art angemerket, daß ſie nicht ſo rein und deutlich abgeſchnitten und ſo helle geweſen, wie die andern; und ob in H wirklich eine Nebenſonne geweſen, kann er nicht einmal gewiß ſagen. Daß aber der mittlere Theil des Bogens etwas heller als das übrige ausgeſehen, erkläret er aus der Figur dieſer Cylinderchen, die ſo kurz ſeyn möchten, daß ſie eher für Sphäroiden zu halten ſind. fig. 110.

Weidler, der des Huygens Hypotheſe zur Erklärung der Höfe nicht gelten laſſen wollte, billiget doch deſſen Vorſtellung von der Entſtehungsart des horizontalen Ringes bey der Erſcheinung der Nebenſonnen vermittelſt gefrorner cylindriſcher Dünſte *d*). Muſſchenbroek ſaget auch, daß man von der Urſache der Nebenſonnen nichts beſſers als Huygens ſeine Meynung anzugeben hätte, außer daß die gefrornen Cylinder oder Spießchen niemals in der Mitte undurchſichtig, ſondern immer durchſichtig gefunden worden ſind. Solche Spießchen ſind bisweilen, nachdem die Nebenſonnen verſchwunden, aus der Luft gefallen, wie Maraldi, Weidler und Kraft bemerket haben, und in Nordamerika iſt, wie Ellis und Middleton berichten, die Luft mit gefrornen Spießchen von ſolcher Größe angefüllet, daß man ſie mit den Augen ſehen kann *e*). Weidlers und Muſſchenbroeks Gedanken.

Die farbichten Kreiſe um die Sonne, welche mit den Nebenſonnen zu erſcheinen pflegen, hält Muſſchenbroek für einerley mit den ſonſt gewöhnlichen Höfen um die Sonne, ſo daß, wenn eine genugſame Menge gefrorner Spießchen in einem dünnen Nebel vorhanden iſt, alle dieſe Erſcheinungen entſtehen werden: die Höfe von dem dünnen Nebel, die Nebenſonnen von den gefrornen Spießchen *f*).

Hr. Fr. Mallet merket bey der Beſchreibung eines in Schweden geſehenen Parhelion an, daß einige Umſtände bey demſelben mit Huygens Hypotheſe nicht wohl übereinſtimmen. 1. Die Entfernung zwiſchen der Sonne und der Nebenſonne bey L ward geringer, ſo wie die Sonne in die Höhe ſtieg, nahm aber nicht zu, als die Sonne des Nachmittags wieder niedriger ward, ſondern immer mehr ab. 2. Weil die beyden Kreiſe, welche das Zenith zum gemeinſchaftlichen Mittelpuncte hatten, die Kreiſe, welche die Sonne umgaben, genau berührten, ſo ſollten ſie wohl von einer und derſelben Urſache herrühren; weil aber doch der äußerſte von den beyden Kreiſen, Mallets Beobachtungen und Erinnerungen. fig. 109.

gezogen vorſtellen müſſe. Die Kugel muß auf die Polhöhe von Danzig (54° 22′) geſtellet werden. Die Sonne iſt in dem zweyten Gr. der Fiſche befindlich. Die drey Kreiſe um die Sonne ſind von ihr folgweiſe 22½. 45, 90 Grad entfernet, der Bogen THS vom Zenith 20 Gr. der Bogen QGR 42½ Gr. und der horizontale Kreis durch die Sonne 65 Gr. Die Entfernungen der Bogen THS, QGR ſind bey Hungens unrichtig zu 22½; 90 Gr. angegeben. R.

d) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 8. p. 513.

e) Introductio, p. 1042.

f) Ibid. p. 1045.

Kreiſen, in deren Mittelpuncte die Sonne war, eine doppelt ſo große Breite hatte, ſo folgerte er daraus, daß ſie von verſchiedenen Urſachen entſtehen müßten ε).

Schlußanmerkung.

Dieſes ſind die Ereigniſſe und die Erklärungen, welche ich dieſe große Naturbegebenheit betreffend habe ſammeln können. Nimmt man alle Umſtände zuſammen, und rechnet ab, was bey den Wahrnehmungen irrig ſeyn mag, ſo ſcheint zu erhellen, daß, wenn die Erſcheinung vollſtändig iſt, ſechs ganze Kreiſe zu ſehen ſeyn müſſen, wovon drey die Sonne, und drey das Zenith zum Mittelpuncte haben; und daß ferner allenthalben, wo dieſe Kreiſe ſich ſchneiden oder ſich berühren, Nebenſonnen erſcheinen werden. So künſtlich die Hungenianiſche Hypotheſe auch ausgedacht iſt, ſo kann man doch ſchwerlich die Sache ſich anders vorſtellen, als daß dieſe Kreiſe, ſie mögen weiß oder farbicht ſeyn, im bloßen Nebel oder in Dünſten entſtehen, die vermuthlich ſehr kleine runde Waſſertröpfchen ſind. Aber dieſe Erſcheinungen ſind bis itzt noch von keinem Naturforſcher aus den Eigenſchaften des Lichtes, wie ſie ſich unter dieſen Umſtänden äußern, hergeleitet worden.

Zwölfter Abſchnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen, das Sehen betreffend.

Die Bemerkungen und Entdeckungen, welche uns dieſe Periode in Abſicht auf die Ereigniſſe beym Sehen liefert, ſind ſo zahlreich, daß ich es ſchicklich finde, die von mir darüber geſammelten Materialien unter mehrere Titel zu vertheilen, als ich es ſonſt bisher nöthig gehabt habe. Vermuthlich mag der Leſer wohl an der Vertheilung derſelben etwas auszuſetzen finden; aber die Sachen ſind zu ähnlich, und zu ſehr mit einander vermiſchet, beſonders was von demſelben Verfaſſer herrühret, als daß ich eine Ordnung, die mir ſelbſt recht gefallen hätte, machen konnte. Eine und die andere natürliche Verbindung mußte zerriſſen werden, ich mochte es anfangen, wie ich wollte.

Erſtes Kapitel.

Ueber die Wirkung des Lichtes auf das Auge.

Büffon von den zufälligen Farben.

Das erſte, was ich dem Leſer aus der Lehre vom Sehen vorzutragen habe, beſteht in einigen ſinnreichen Beobachtungen des Herrn von Büffon, der die Farben, welche dem Lichte eigenthümlich ſind, von denen unterſcheidet, welche auf die beſondern Umſtände des Auges ankommen, von den zufälligen Farben, wie er ſie nennt, deren Zuſammenhang mit den natürlichen er zu entwickeln bemühet iſt.

Da er eine lange Zeit ein rothes Viereck auf einem weißen Grunde ſteif angeſehen hatte, entſtand um daſſelbe ein blaſigrüner Rand, und wie er die Augen von dem rothen Vierecke weg auf den weißen Grund wandte, zeigete ſich darauf ein ſanft grünes, etwas ins blaue fallendes Viereck. Auf eben die Art brachte gelb

auf

ε) Schwed. Abhandl. B. 25. S. 47.

weißem Grunde ein blaſſes blau; grün auf weißem Grunde ein blaſſes Purpur; blau auf weiß ein blaſſes Roth; ſchwarz auf Weiß ein heller weiß als der Grund ſelbſt, worauf das ſchwarze lag, und weiß auf ſchwarz ein dunkleres Schwarz hervor. Dieſe Verſuche wurden mit matten Farben angeſtellet, ſie nahmen ſich aber weit beſſer mit glänzenden Farben aus.

Als er ſein Auge lange Zeit auf ein lebhaft rothes Viereck auf weißem Grunde gerichtet hielte, ſah er erſtlich den vorher erwähnten blaßgrünen Rand um daſſelbe, und wie er noch immer fortfuhr es anzuſehen, verfärbte ſich das Viereck in der Mitte, ward aber an den Seiten noch tiefer roth. Er zog ſich ein wenig zurücke, immer mit unverwandtem Blicke auf das Viereck, und es theilete ſich nunmehr der tiefgefärbte rothe Rand des Viereckes an jeder Seite in zween Theile, daß dadurch über daſſelbe ein eben ſo tiefrothes Kreuz gezogen zu werden ſchien. Er fuhr noch immer fort darauf zu ſehen, und das Ganze verwandelte ſich in ein Rechteck, von gleicher Höhe mit dem Vierecke, aber nur den ſechſten Theil ſo breit, und ſo lebhaft roth, daß es die Augen verblendete.

Als er ſeine Augen von da weg auf eine andere Stelle des weißen Grundes wandte, ſahe er daſelbſt das Bild dieſes Rechteckes genau abgezeichnet, und lebhaft grün gefärbet. Dieſer Eindruck dauerte lange Zeit, nahm nur allmählig ab, und blieb noch im Auge zurücke, wenn es geſchloſſen war. Dergleichen Erſcheinungen nahm er auch wahr, wenn er auf dieſelbe Art auf ein gelbes, ſchwarzes oder ſonſt gefärbtes Viereck ſahe; der letzte Eindruck von einem gelben Vierecke war ein blaues Rechteck, und von einem ſchwarzen Vierecke ein weißes Rechteck. Dieſe Verſuche ließ er von einigen Freunden nachmachen, und ſie ſahen alle mit ihm dieſelben Erſcheinungen.

Er fand auch, daß dieſe zufälligen Farben ſich veränderten, ſo wie ſie ſich mit den natürlichen vermiſchten, und zwar nach denſelben Regeln, welche die letztern beobachten. Denn wenn eine zufällige grüne Farbe, welche von einer natürlichen rothen hervorgebracht war, auf einen helle rothen Grund fiel; verwandelte ſich das grüne in gelb; desgleichen wenn ein zufälliges blau, welches von einem lebhaften gelb entſtanden war, auf einen gelben Grund fiel, ward es grün [a]).

Aepinus Bemerkungen.

Hr. Aepinus, der durch ſeine Entdeckungen in der Electricität ſo bekannt geworden iſt, hat auch manche genaue Beobachtungen über die zufälligen Farben angeſtellet, woraus er folgende Sätze zieht. Der lebhafte Eindruck, welchen das Auge durch das Anſchauen der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers erhält, ſo lebhaft als es ihn nur vertragen kann, ſtellet zuerſt ein gelbes, alsdenn ein grünes, und darauf ein blaues Bild dar; das iſt, die Nerven kommen, nachdem die weißen Strahlen darauf zu wirken aufgehöret haben, in eben den Zuſtand, in welchen die Strahlen, welche die Empfindung der gelben, grünen, blauen Farbe erregen, ſie verſetzen würden. Als er einen weißen Gegenſtand betrachtete, während daß der von der Sonne in ſeinem Auge gemachte Eindruck noch fortdauerte,

a) Mem. de l'Ac. de Paris, 1743. p. 215.

ſchien er ihm bräunlicht zu werden, und mehr oder weniger ins rothe zu fallen. Auch bemerkete er, daß dieſes Bild der Sonne ſich auf der Netzhaut etwas erweiterte, weil ein Raum jenſeits der Gränze des Bildes auf eben die Art gerühret ward, als es durch die Wirkung der rothen Strahlen geſchehen ſeyn würde; wenn er aber das Bild der Sonne auf einen weißen Gegenſtand fallen ließ, ward die Einfaſſung blau.

Während dieſer Beobachtungen merkete er an, daß ein weißer Gegenſtand, den er aufmerkſam betrachtete, während daß der Eindruck des Sonnenbildes in ſeinem Auge noch fortdauerte, plötzlich verſchwand, aber wieder ſichtbar ward, als er ihn nicht ſo ſteif mehr anſahe, eine Erſcheinung, die von dem Zuſtande, in welchen die Nerven geſetzet waren, herrühren mußte, die er aber nicht völlig erklären zu können eingeſteht [b]).

Aehnliche von de la Hire.

Dieſe Wahrnehmungen ſtimmen gut überein mit dem, was de la Hire anführet, daß das Bild der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers, den man eine Zeitlang beobachtet hat, wenn man die Augen verſchließt, zuerſt roth, dann gelb, grün und zuletzt blau werde. Dieſes Ereigniß iſt merkwürdig, als woraus man die allmählige Schwächung des Eindruckes des Lichtes, wenn der Gegenſtand nicht mehr ihn unterhält, und die Ordnung der Farben in Abſicht auf die Stärke, damit ſie auf das Auge wirken, abnehmen kann. Aber das folget gar nicht daraus, was er daraus beweiſen will, daß die Form des Auges beym Sehen gar nicht verändert werde [c]).

Einer vom ſchwarzen Staar geneſenen ſieht Feuer blau aus.

Herr Hey hat mir erzählet, daß einer ſeiner Patientinnen, welche von einem vollkommen ſchwarzen Staare geheilet war, das Feuer, wie ſie es zum erſtenmale erblicket, blau ausgeſehen hat; er hatte aber keine Gelegenheit ſich zu erkundigen, ob dieſes Ereigniß etwas gewöhnliches wäre oder nicht. Darinn ſtimmet es übrigens mit de la Hire und anderer Wahrnehmungen überein, daß der letzte und ſchwächſte Eindruck von den Bildern ſehr heller Sachen auf das Auge die Empfindung des blauen verurſachet.

Daß die Eindrücke des Lichtes auf das Auge eine gewiſſe Zeit fortdauern, erhellet aus mancherley Beobachtungen, welche zum Theil jeder Menſch gemachet haben muß. Weil nun die Genauigkeit der aſtronomiſchen Beobachtungen ſehr viel auf die Sicherheit beym Sehen ankömmt, ſo hielt Hr. d'Arcy es der Mühe werth, genauer zu beſtimmen, wie lange der Eindruck unter verſchiedenen Umſtänden währet, und verfuhr zu dem Ende folgendermaßen.

Dauer der Eindrücke aufs Auge.

Er erdachte eine Maſchine, die aus einem Kreuze beſtand, das ſich vermittelſt eines Rades und eines Gewichtes um ſeine Axe drehete, mit einer Geſchwindigkeit, die er nach Belieben verändern, und aufs genaueſte meſſen konnte. Die Bewegung dieſer Maſchine zu beobachten, ſtellte er jemanden 28 Klafter weit davon in einem Zimmer, in welches kein Licht als von dem Gegenſtande, einer auf den

b) Noui Comm. Petrop. vol. 10. p. 286.
c) Accidens de la vuë bey Porterfield on the eye, vol. 1. p. 343.

dem Kreuze befeſtigten glühenden Kohle, kommen konnte, und der Verſuch ward bey Nacht gemacht, mit aller Vorſicht, die ſich nur erdenken ließ. Er fand, daß die Kohle einen ununterbrochenen Kreis zu beſchreiben ſchien, wenn ſie ihren Umlauf in acht drittheilen einer Minute [d]) vollendete, und daß bey einer geringern Geſchwindigkeit der Kreis nicht voll ward. Es war gleichgültig, in welcher Entfernung von dem Mittelpuncte des Kreuzes die Kohle befeſtiget war, ob die Maſchine durch ein Teleſkop oder auf eine andere erdenkliche Art betrachtet wurde. Auch war es einerley, in welcher Weite ſich der Beobachter von ihr ſtellete. Unſer Verfaſſer folgert aus dieſem Verſuche, daß der Eindruck des Lichtes auf das Auge $\frac{1}{8}$ einer Minute währet. Er machte noch dieſe Veränderung, daß er über der glühenden Kohle einen Deckel mit einer Oeffnung anbrachte, und nun beſchrieb die Kohle einen ununterbrochenen Kreis, wenn der Umlauf $\frac{1}{4}$ einer Minute dauerte.

Hr. d'Arcy giebt folgendes an, welches noch durch Verſuche weiter auszumachen wäre. 1. Ob die verſchiedene Stärke des Lichtes nicht einen merklichen Unterſchied in der Dauer des Eindruckes verurſachen würde. 2. Ob die verſchiedenen Entfernungen des Beobachters hieben was thun mögen. Denn es hatte zwar bey der Beobachtung des ganzen Kreiſes derjenige, den er 28 Klafter weit entfernet hatte, und er ſelbſt in einer Entfernung von drey Fuß keinen Unterſchied in der nöthigen Geſchwindigkeit bemerket; allein, wenn er bloß auf einen Theil des Kreiſes Acht gab, ſo fand er für ſich eine geringere Geſchwindigkeit nöthig, als für jenen erfodert ward. 3. Ob die verſchiedene Farbe des Lichtes einen Einfluß auf die Dauer des Eindruckes hätte. Das ſchlechte Wetter verhinderte ihn, ſeine Verſuche fortzuſetzen. Aus den wenigen Proben, die er machen konnte, erhellete ſo viel, daß weiße Körper eine kreisförmige Erſcheinung bey derſelben Winkelgeſchwindigkeit, wie eine glühende Kohle hervorbrachten. Er ſchlägt auch vor, den Verſuch durch mehrere Perſonen machen zu laſſen, wiewohl dies nicht ohne Schwierigkeit ſeyn möge, und wünſchet, daß andere ſeine Wahrnehmungen wiederhohlen und prüfen möchten [e]).

Zuſammenziehung des Sternes im Auge.

Daß der Stern im Auge bey einem ſtarken einfallenden Lichte ſich zuſammenzieht, iſt, wie wir oben geſehen haben, ſchon frühe angemerket worden. Dieſes rühret ohne Zweifel von der Wirkung des Lichtes auf das Auge her. Dr. Hartley ſchreibt dem in das Auge fallenden Lichte ein Vermögen zu, ſowohl den größern als kleinern Ring der Regenbogenshaut zuſammen zu ziehen, und beruft ſich deswegen auf die Unbeweglichkeit des Sterns bey dem ſchwarzen Staare; führet auch an, daß ſolchergeſtalt das Licht, wenn es den kleinern Ring zuſammenzieht, ſich ſelbſt Maaß und Schranken ſetzet, um nicht zu ſtark für das Auge zu werden, welches mit dem Verfahren der Natur in ähnlichen Fällen übereinſtimmet. Die Netzhaut, ſaget er, erſtrecket ſich bisweilen zu dem größern Ringe, und einige Nervenäſte mögen wohl bis dahin, und ſelbſt bis in die Regenbogenhaut fortlaufen [f]).

d) Soll ohne Zweifel Secunde heißen. S. dieſe Ueberſ. S. 280. B.

e) Mem. de l'Ac. de Par. 1765. p. 450.

f) Hartley's Obſervations on Man, vol. 1. p. 219.

Dr. **Whyt** ist ebenfalls der Meynung, daß die Zusammenziehung des Sterns nicht in einer Wirkung des Lichtes auf die Regenbogenhaut selbst, sondern auf die Netzhaut entsteht, weil man finde, daß alles, was die Lichtstrahlen verhindert, auf die Netzhaut zu kommen, auch eine ungewöhnliche Erweiterung des Sterns verursache. So verliere bey dem grauen Staare, wenn die crystallene Linse nicht undurchsichtig geworden, und einen großen Theil der Strahlen auffange, der Stern sehr viel von seinem Vermögen sich zusammen zu ziehen. Auch sieht dieser Schriftsteller die in Ohnmachten, bey einem Schlage und einem verhärteten schwarzen Staare bemerkte größere Oeffnung des Sterns als einen Beweis an, daß zu der stärksten Erweiterung desselben der Einfluß der Seele nicht erfodert wird, sondern daß hiezu das Zusammenziehungsvermögen der nach der Länge hinlaufenden Fibern auf der Traubenhaut hinlänglich ist, ohne daß die kreisförmigen Muskeln durch die Wirkung des Lichtes auf die Netzhaut gereizet werden [g]).

Weil man nicht beweisen kann, daß die Fibern und Ringe der Regenbogenhaut aus Muskeln bestehen, sondern die besten Zergliederer sie nur für Gefäße halten, so hat sich **Weitbrecht** nach einer andern Ursache der Erweiterung und Verengerung des Sterns, um mehr oder weniger Licht ins Auge zu lassen, umgesehen, und giebt als solche die Bewegung der Regenbogenhaut vorwärts oder rückwärts an, als wodurch die Oeffnung kleiner wird, wenn diese Haut nahe an der Krystalllinse hängt, so wie sie durch deren Ausspannung nach der Hornhaut hin sich erweitert. Dieses erfodert eine bloß mechanische Ausdehnung des Ringes, ohne daß die Kraft gewisser Muskeln dabey nöthig ist, und die Bewegung der Regenbogenhaut kann, wie Weitbrecht meynet, von einer Bewegung der wässerichten Feuchtigkeit entstehen, wenn sie aus einer der beyden Kammern in die andere tritt. Dazu möge sie etwa von einer Wirkung des Lichtes auf die glasartige Feuchtigkeit, oder die Gefäße, welche diese enthalten, veranlasset werden, so daß diese erstlich die Krystalllinse, und vermittelst derselben die wässerichte Feuchtigkeit vorwärts drücken. Die physikalische Ursache dieser Vorgänge, gesteht er selbst, wisse er nicht hinlänglich zu erklären [h]). Wirklich ist auch die Hypothese so beschaffen, daß ich nur bloß als Geschichtschreiber sie anführe.

Zusatz des Uebersetzers.

Des Hrn. **von Haller** Erklärung, wie die Erweiterung und Verengerung der Oeffnung des Auges bewerkstelliget werde, ist schon in dem 1. Th. S. 29. Anm. e) von mir nach dem **Zinn** mit einigen Worten angeführet. Ich hohle hier noch einiges aus dieses berühmten Gelehrten Physiologie, Th. 5, nach, wo er, S. 367—379 von der Regenbogenhaut und der Oeffnung des Auges handelt.

Der

g) Essay on vital and involuntary motions, p. 112.

h) Comm. Petrop. vol. 13. p. 349.

Der Reiz des Lichtes auf der Netzhaut, saget er,*) erreget einen plötzlichen Zusammenfluß der Feuchtigkeiten in die Gefäße und Fäserchen (flocculos) der Regenbogenhaut; dadurch wird diese einwärts getrieben, indem sich die geschlängelten Falten der Gefäße, und die zellenförmigen Streifen ausdehnen und gerader machen; die Regenbogenhaut wird breiter und die Oeffnung enger. Solchergestalt läßt sich zugleich auch die Bewegung der Iris an den Katzen und andern Thieren, in deren Augen die Oeffnung eine länglichte Spalte ist, erklären. Der natürliche Zustand der Regenbogenhaut und der Oeffnung des Auges würde also seyn, daß jene schmahl, diese weit wäre, und würde nicht ohne eine gewisse Gewalt durch reizende Kräfte geändert werden. Es scheint hier etwas ähnliches, wie bey Entzündungen vorzugehen, da eine Entzündung die Arterien und das zellenförmige Gewebe anschwellt, und gleichfalls von einem Reize entsteht, so wie das Licht ganz gewiß einen Reiz verursachet, weil es, wenn es zu stark wird, das ganze Werkzeug des Sehens zerstören kann. Ist das Licht etwas zu stark, so ist die Veränderung des Zustandes der Regenbogenhaut mit einem schmerzhaften Gefühle verbunden, dergleichen man empfindet, wenn man in die Sonne sieht. Zur Erläuterung führet Hr. von Haller eine von ihm gemachte merkwürdige Wahrnehmung an. An einer ersäuften jungen Katze war 23 Stunden nach ihrem Tode die Oeffnung des Auges **) sehr groß, und man sahe durch sie die fast undurchsichtige Linse. Er wollte, nach Petits Art, diese Undurchsichtigkeit durch die gelinde Wärme eines Ofens vertreiben, als er schon nach einer Minute fand, daß die Oeffnung des Auges fest geschlossen war, so wie sie es bey diesem Thiere zu seyn pfleget, dagegen die Regenbogenhaut sehr groß, und der sägenschneidige Bogen der gelben Streifen auf ihr aufs schönste zu sehen war. Also hatte noch lange nach dem Tode der Reiz der Wärme die Kräfte, welche die Iris erweitern, in Bewegung gesetzet.

Die einförmigen Fibern, saget eben dieser Schriftsteller ***), welche die meisten an dem innern Ringe der Regenbogenhaut und der Traubenhaut haben finden wollen, habe er mit seinen kurzsichtigen aber guten Augen, und mit starken Vergrößerungsgläsern vergebens gesuchet — auch die geraden Fibern, welche nach manchen zur Erweiterung des Sternes dienen sollen, trage er Bedenken anzunehmen — nach seinen eigenen sorgfältig angestellten Versuchen sey die Regenbogenhaut an einem lebenden Thiere ohne alle Reizbarkeit, und werde selbst von den Lichtstrahlen, die vermittelst eines papiernen Kegels bloß auf diese Haut geleitet werden, nicht beweget, da doch die Reizbarkeit einem Muskel wesentlich zukomme. Er führet auch ein Beyspiel an, da die Regenbogenhaut ohne Schmerzen zerschnitten ist.

Die vorher angeführte Meynung des Hrn. von Haller haben nach desselben Erinnerung gewissermaßen schon **Mery** und **Shrebbeare** vorgetragen.

Daß die Zusammenziehung der Oeffnung des Auges nicht von dem auf die Regenbogenhaut fallenden Lichte, sondern von demjenigen entsteht, was durch die Oeffnung

*) S. 379. **) Ich lese pupilla statt iris. ***) S. 371.

Oeffnung auf die Netzhaut kömmt, beweist Hr. Lambert durch einen sehr entscheidenden Versuch, Photom. S. 371. Er ließ durch ein Linsenglas das Bild einer Lichtflamme bloß auf die Regenbogenhaut eines seiner Augen fallen, und betrachtete dieses sowohl als das andere in einem Spiegel; beyder Oeffnungen waren ohne alle merkliche Verschiedenheit gleich groß. Sobald aber noch so wenig von dem Bilde des Lichtes auf die Oeffnung selbst fiel, ward die Oeffnung den Augenblick kleiner, und mehr als dreymal so klein als des andern Auges Oeffnung, wenn das ganze Bild der Flamme darauf fiel.

Zweytes Kapitel.

Ueber die Art, wie das Auge sich selbst einrichtet, Gegenstände in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen.

Wir sehen in ungleichen Entfernungen deutlich.

Daß wir Gegenstände, die in sehr ungleichen Entfernungen von uns sich befinden, dennoch fast mit gleicher Deutlichkeit zu sehen im Stande sind, lehret die tägliche Erfahrung; aber die Veränderung, die zu diesem Ende im Auge vorgehen muß, oder der Mechanismus, wodurch dieses bewerkstelliget wird, ist so leicht nicht auszumachen.

Keplers und Carteſens Erklärungen.

Kepler glaubte, wie wir gesehen haben, daß die Zusammenziehung der Proceſſus ciliares die Gestalt des Auges verändere, und die Krystalllinse dadurch, daß sie das Auge in die Länge ausdehnte, weiter von der Netzhaut abrücke; Descartes, daß die Krümmung der Linse selbst durch die Zusammenziehung dieser Ligamente verändert werde. Diese merkwürdige Frage ward in der vor Newtons Entdeckungen vorhergehenden Periode umständlicher und sorgfältiger untersuchet; weil sie aber nicht eher als in der gegenwärtigen völlig ins Licht gesetzet ist, so habe ich die Geschichte der ganzen Streitfrage bis hieher versparet.

De la Hire, bloß durch die veränderte Oeffnung des Auges.

De la Hire, der dieses, so wie alles, was das Sehen betrifft, mit großem Fleiße untersuchet hat, war dennoch in seiner Erklärung nicht glücklich. Er behauptete, daß, um in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, bloß eine Veränderung in der Oeffnung des Auges vorgehen darf, und brachte zum Beweise seines Satzes folgenden Versuch vor. Er stellte einen kleinen schwarzen Flecken sowohl so nahe als so weit vom Auge, als es seyn konnte, wenn er noch deutlich gesehen werden sollte. In ein Kartenblatt hatte er zwey Löcher gemacht, so groß und so nahe bey einander, daß man just den Flecken durch sie beyde zugleich sehen konnte, wenn das Blatt hart ans Auge gehalten ward. Dieses Blatt ließ er denjenigen, der den Versuch machen sollte, vors Auge halten, nachdem er vorher eine Zeitlang den Gegenstand unverwandt betrachtet hatte, und nun erschien der Fleck sogleich doppelt *). Er folgerte hieraus, daß die Veränderung des Auges, wodurch

a) Der Flecken erschien einfach, wenn er in der natürlichsten Entfernung für das Auge des Beobachters war; gedoppelt, wenn er für einen Kurzsichtigen weiter, oder für einen

durch die Verdoppelung des Bildes entſteht, keine Veränderung der Geſtalt des Auges iſt, weil dieſes ſich ſchon vorher eingerichtet hatte, den Gegenſtand deutlich zu ſehen; dagegen aber die Weite des Sterns verändert ſeyn mag, weil das Licht von andern Gegenſtänden durch das Blatt ausgeſchloſſen iſt. Hingegen wird aber mit Recht eingewandt, daß das Auge vorher, da es den Gegenſtand an den Gränzen des deutlichen Sehens betrachtete, in einem Stande der Anſtrengung geweſen iſt, von welcher es ſich ohne Zweifel gleich erholet hat, während daß das Kartenblatt in die erfoderliche Lage gebracht ward. Dazu kömmt, daß das Auge die Entfernung der Sache jenſeit des Blattes nicht meſſen kann, um ſich darnach einzurichten, und die bloße Erinnerung der Entfernung iſt nicht hinreichend, das Auge hiezu zu vermögen. In der That zweifelt aber niemand unter den jetzigen Naturkündigern daran, daß wir vermögend ſind, die Geſtalt unſerer Augen zu ändern, und dadurch die Strahlen jedes Lichtkegels in verſchiedenen Entfernungen von der Oeffnung des Auges ſich vereinigen zu machen *b*).

Dem le Roi beytritt.

In den neuern Zeiten unternahm es Hr. le Roi, ein Mitglied der Königl. Akademie zu Montpelier, dieſe von allen längſt verworfene Meynung des de la Hire zu vertheidigen. Die Kryſtalllinſe, ſaget er, könne ſich vermittelſt der ligamenta ciliaria nicht verrücken, weil dieſe viel zu ſchwach dazu ſeyn. Sie ſeyn auch nicht, wie man gewöhnlich angenommen habe, an die Capſel der Linſe befeſtiget, ſondern liegen noch ein gutes Theil über der Vorderfläche hin, ohne ſich dichte daran zu ſchließen. Auch ſeyn dieſe Farben nicht muskulös, ſondern beſtehen nur aus Ramificationen von Gefäßen, die allem Anſcheine nach zu nichts anderem dienen, als eine wäſſerichte Feuchtigkeit abzuſondern, um die Oberfläche der Kryſtalllinſe ſchlüpfrig zu erhalten. Daß ferner nichts als eine Verminderung der Oeffnung des Auges erfodert werde, ſehr nahe Gegenſtände deutlich zu ſehen, erhelle aus der Erfahrung. Denn um einen Gegenſtand deutlich zu erkennen, brauche man nur eine künſtliche Augenöffnung, ein Loch in einem Kartenblatte, zu nehmen, ſo könne man eine ſolche Sache vollkommen bequem und deutlich erkennen. Wenn in einem künſtlichen Auge das Bild des Gegenſtandes undeutlich ſey, ſo dürfe man nur die Oeffnung vermindern, um es deutlich und gut begränzet zu erhalten *c*).

Dieſer Gelehrte denket aber nicht daran, daß die wahre Urſache, warum eine enge Augenöffnung die Undeutlichkeit hebet, darinn liegt, daß die Grundflächen der Lichtkegel, die von jedem Puncte des Gegenſtandes herkommen, kleiner werden, ſo daß der Zerſtreuungskreis, oder der Raum, in welchem ſie ſich auf der Netzhaut ausbreiten, kleiner wird. Die Verminderung der Oeffnung des Auges dienet alſo überhaupt wider die Undeutlichkeit, der Gegenſtand mag zu entlegen, oder zu nahe

einen Fernſichtigen näher lag. In jenem Falle verſammelten ſich nämlich die Strahlen, die durch beyde Löcher kamen, in einem Puncte auf dem Auge, in dieſem nicht, ſo daß alſo eine gedoppelte Empfindung entſtand, weil zween unterſchiedene Puncte der Netzhaut gerühret wurden. A.

b) Smith's Opticks, Remarks, p. 41. (d. b. A. S. 364.)

c) Mem. de l'Ac. de Paris, 1755. p. 920.

nahe seyn. Allein bey der Betrachtung sehr entfernter Gegenstände wird der Stern nicht zusammengezogen, sondern erweitert, weil sonst nicht eine hinlängliche Menge von Strahlen, die gehörige Helligkeit zu erhalten, ins Auge kömmt. Sind die Gegenstände nahe und helle genug, so mag die Verengerung des Sterns zur Deutlichkeit helfen; allein die Undeutlichkeit sehr entfernter Gegenstände zu heben, müssen noch andere Hülfsmittel vorhanden seyn.

Porterfields Erklärung.

Am deutlichsten ist diese Sache von Dr. **Porterfield** ins Licht gesetzet worden, der durch eine Reihe von Versuchen bewies, daß wir wirklich das Vermögen haben, die Einrichtung unserer Augen zu ändern, und sie zum deutlichen Sehen in verschiedenen Entfernungen geschickt zu machen; wie auch, daß diese Veränderung sich nach einer gewissen Bewegung der Augenaxen richtet, mit der sie durch Uebung und Gewohnheit verknüpfet ist. Einen von diesen Versuchen, der zu unserer Absicht hinlänglich seyn wird, will ich hier erzählen, vorher aber ein paar Grundsätze, deren er sich bedienet, anführen.

Erstlich, wenn ein Gegenstand, den man mit beyden Augen sieht, doppelt erscheint, weil seine Entfernung kleiner ist, als diejenige des Punctes, worauf die Augenaxen gerichtet sind, so wird, wenn eines von den Augen geschlossen wird, die Erscheinung auf der Seite des andern Auges verschwinden; erscheint er aber doppelt deswegen, weil seine Entfernung größer ist, als diejenige des Punctes, auf welchen die Augenaxen gerichtet sind, so wird, wenn eines von den Augen geschlossen wird, die Erscheinung auf derselben Seite mit diesem Auge verschwinden [d]). **Zweytens**, wenn ein Gegenstand mit einem Auge gesehen doppelt erscheint, weil er durch zwey kleine Löcher in einem Kartenblatte oder sonst einem dünnen undurchsichtigen Körper betrachtet wird, und es ist seine Entfernung größer als diejenige, auf welche das Auge eingerichtet ist, so wird, wenn eines der Löcher bedecket wird, die Erscheinung auf derselben Seite verschwinden; ist aber seine Entfernung kleiner als diejenige, worauf das Auge eingerichtet ist, so wird, wenn eines der Löcher bedecket wird, die Erscheinung auf der andern Seite verschwinden.

Den

d) Ich wüßte nicht, daß eine Sache deswegen doppelt gesehen würde, weil man die Augenaxen auf eine andere gerichtet hat. Porterfield braucht diesen Satz bey dem folgenden Versuche, da er mit dem einen Auge durch einen Einschnitt in einer Platte sah, wobey man freylich wohl nicht so deutlich erkennen mag, daß es derselbe Gegenstand ist, den man mit jedem Auge sieht, als wenn man die Platte wegläßt. Der Lehrsatz ist übrigens ganz einfach, wenn man ihn so ausdrücket: Wenn die Augenaxen auf einen Punct A gerichtet sind, so muß ein anderer Punct B, der zwischen diesem und der Nase liegt, zur linken von A erscheinen, wenn man das linke Auge verschließt, und zur rechten von A, wenn man das rechte verschließt. Liegt B jenseits A, so erfolgen die Erscheinungen umgekehret. Ich selbst kann mir zwar von allen diesen nur die einzige hervorbringen, daß von zwo Sachen, deren eine die andere verdecket, wenn ich sie mit beyden Augen betrachte, die nächste nach der rechten Hand hinrücket, wenn ich das rechte Auge verschließe. Meine Augen sind aber von ungleicher Güte, weswegen ich das rechte, als das beste, oft mit Ausschließung des andern brauche. K.

Den Beweis des erſten dieſer Sätze wird man leicht finden, wenn man überleget, daß das Bild einer Sache auf der geraden Linie von derſelben nach dem Auge, welches es betrachtet, liegt, und daß dieſe Linien ſich kreuzen, wenn das Auge nach einer Stelle jenſeits der Sache, welche doppelt erſcheint, gerichtet iſt. Man kann ſich aber auch ganz leicht durch Verſuche davon überzeugen. Der zweyte Satz wird unten, bey der Nachricht von des Dr. Motte zu Danzig Verſuchen völlig erkläret werden e).

Das Vermögen des Auges, ſich ſelbſt zum deutlichen Sehen der Gegenſtände in verſchiedenen Entfernungen einzurichten, ohne die Zuſammenziehung des Sterns zu Hülfe zu nehmen, erwies Dr. Porterfield auf folgende Art. Er nahm eine kleine zinnerne Platte IK, in welche er zween parallele enge Einſchnitte machte, deren Entfernung nicht größer als die Weite des Sterns war. Dieſe Einſchnitte ließen mehr Licht durch, als durch kleine Löcher gegangen wäre, und waren alſo zu ſeiner Abſicht ſchicklicher als dieſe, weil es nöthig war, daß der Gegenſtand Helligkeit genug hatte. Die Platte hielt er nahe vor ſeinem rechten Auge B, die Einſchnitte in ſenkrechter Lage, und ſahe durch ſie (wobey er das linke Auge A verſchloſſen hielt) nach einem kleinen Gegenſtande O, der auch ſenkrecht ſtand, und alſo parallel mit den Einſchnitten war. Bey dieſem Verſuche war der Gegenſtand O in einer ſolchen Entfernung von dem Auge B, daß er durch die Einſchnitte betrachtet, einfach erſchien; allein wie beyde Augen offen, und nach einem entfernten Puncte P gerichtet waren, zeigten ſich drey Erſcheinungen, a, b, und C, die näher bey oder weiter von einander waren, nachdem der Punct P näher bey O oder weiter davon entfernet war; und von dieſen verſchwand die zu dem Auge A gehörige Erſcheinung, auf der andern Seite von demſelben, wenn dieſes Auge geſchloſſen ward. Schloß er das rechte Auge B, ſo verſchwanden die Erſcheinungen linker Hand, b und C, die zu dem rechten Auge gehörten; welches ihm, nach dem erſten Satze, bewies, daß die Entfernung des Gegenſtandes O kleiner als diejenige des Punctes war, nach dem die Augen gerichtet waren. Nun mußte er auch unterſuchen, ob die doppelte Erſcheinung b und C, die er durch die Einſchnitte ſahe, auch von einem Gegenſtande herkäme, der näher bey dem Auge wäre, als der Punct, nach deſſen Entfernung das Auge eingerichtet war, und fand dieſes auch richtig, weil die Erſcheinung immer auf der entgegengeſetzten Seite desjenigen Einſchnittes verſchwand, welchen er bedeckte, wie es nach dem zweyten Satze ſich ereignen muß.

Beweis aus Verſuchen.

fig. 111.

Hierauf veränderte er die Richtung ſeiner Augen ſo, daß ſie nunmehr nach einem nähern Puncte x als der Gegenſtand O, gekehret waren, und ſahe unter dieſen Umſtänden den Gegenſtand dreyfach, bey d, e, F. Dieſe drey Bilder rückten zuſammen oder entfernten ſich von einander, ſo wie der Punct x näher an O oder weiter davon rückte, lagen aber in einer Ordnung, die der im vorigen Falle entgeſetzet war. Denn die Erſcheinung F, welche das linke Auge A wahrnahm, lag an der

e) Zu Ende des fünften Kapitels dieſes Abſchnittes. Die obige Anmerkung a) giebt hinlängliche Anleitung, ſich es durch eine Zeichnung völlig begreiflich zu machen. Z.

linken Seite, und die beyden d, e, welche er durch die Einschnitte sahe, lagen auf der rechten Seite: zum Beweise, daß die Entfernung des Gegenstandes O größer war, als diejenige, worauf das Auge sich eingerichtet hatte. Er bedeckte einen der Einschnitte mit seinem Finger, und fand, daß die auf derselben Seite mit dem Einschnitte liegende Erscheinung allemal verschwand, woraus, nach dem zweyten Satze, folgete, daß der Gegenstand O sich in einer größern Entfernung befand, als diejenige war, worauf sich das Auge eingerichtet hatte.

Bey diesem, so wie bey allen seinen übrigen Versuchen, war es nothwendig, daß der Gegenstand so helle als möglich war. Den besten Dienst that eine enge Spalte in einer undurchsichtigen Laterne, in welche ein brennend Licht gesetzet war.

Aus diesen Versuchen erhellete die Richtigkeit desjenigen was er beweisen wollte, hinlänglich. Denn wenn die Augen nach P gerichtet waren, schien der Gegenstand O durch die Einschnitte doppelt; und die Bedeckung eines derselben gab zu erkennen, daß das Auge auf eine zu große Entfernung eingerichtet war. So wie P näher nach O rückte, näherten sich die Erscheinungen einander immer mehr und mehr, bis sie zuletzt, da P sehr nahe an O kam, bey O in eins fielen, zum Beweise, daß das Auge auf diese Entfernung eingerichtet war. Wurde aber P auf der andern Seite von O nach nach O x hin beweget, so erschien O durch die Einschnitte wiederum doppelt, und weil die Ordnung dieser Erscheinungen derjenigen entgegengesetzet war, die sie hatten, wie P jenseits O lag, so folgete, daß das Auge auf eine zu kurze Entfernung eingerichtet war. Dabey entfernten sich diese Erscheinungen immer mehr von einander, je weiter P von O nach x hin sich bewegte. *Aus allem diesem* erhellet, daß diese Bewegungen, wodurch die Einrichtung des Auges geändert wird, eine nothwendige Verbindung mit gewissen übereinstimmenden Bewegungen der Augenaxen haben, daß es uns daher unmöglich wird, unsere Augen auf einen, innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenstand zu richten, ohne ihnen zugleich die Einrichtung zu ertheilen, welche zum deutlichen Sehen in dieser Entfernung erfodert wird.

Anmerkungen. Aus andern ähnlichen Versuchen offenbarte sich, daß das Auge in Absicht auf die Entfernung der Gegenstände, wenn sie durch die Einschnitte gesehen wurden, sich oft irrete. Wenn sie gleich innerhalb den Gränzen des deutlichen Sehens lagen, schienen sie doch oft doppelt. Hätte sich die Seele nicht in Absicht auf die Entfernung geirret, so würde das Auge sich nach der Entfernung eingerichtet haben, und die Sache einfach erschienen seyn. Darum, saget Porterfield, sieht man einen innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenstand immer nur einfach mit beyden Augen, weil diese sich nach der Entfernung einrichten, die man vermittelst des Winkels der Sehaxen mißt.

Dr. Porterfield bemerkete auch noch, daß, wenn er den Gegenstand bloß mit einem Auge durch die Einschnitte sahe, und dieser nicht weit über die nächste Gränze des deutlichen Sehens hinauslag, er ihn entfernter schätzte, als er wirklich war, wenn er sich in der Maaße der Entfernung irrete. War aber der Gegenstand nicht viel näher, als die entfernteste Gränze des deutlichen Sehens, und er betrog sich

alsdenn in der Schätzung der Entfernung, ſo hielt er ihn für näher, als er wirklich war.

Er führet auch noch an, daß nach dem, was dieſe Verſuche angeben, ein Werkzeug ſich ausarbeiten ließ, womit die Gränzen des deutlichen Sehens, und die Stärke oder Schwäche des Geſichtsvermögens ſehr genau beſtimmt werden könnten und das daher ein **Optometer** genannt werden möchte *f*).

Daß alſo das Auge auf eine gewiſſe Art ſich ſelbſt nach den verſchiedenen Entfernungen einrichtet, ſcheint durch Dr. Porterfields Verſuche unſtreitig bewieſen zu ſeyn. Aber durch welche Mittel dieſes bewerkſtelliget werde, darüber ſind diejenigen nicht einig, welche dem Auge das Vermögen zugeſtehen, ſich ſo einzurichten, ohne eine Veränderung der Oeffnung zu brauchen. Das Auge kann ſich nach den Entfernungen einrichten.

Einige haben geſaget, die Kryſtalllinſe werde durch die Wirkung gewiſſer muskulöſer Fibern, woraus ſie unter andern mit beſtehe, flacher oder erhabener. Dagegen erinnert Porterfield, daß zwar die Kryſtalllinſe aus vielen dünnen concentriſchen Blättchen oder Schuppen beſtehe, wie es ſich zeige, wenn ſie trocken geworden iſt, daß aber die Einrichtung derſelben nicht ſehr ſchicklich ſeyn möge, eine Veränderung der Figur der Linſe hervorzubringen, und wenn es ja ſeyn ſollte, ſo ſey noch lange nicht bewieſen, daß dieſe Fibern muskulös und des Zuſammenziehens fähig ſind *g*). Wie es geſchehe.

Seine eigene Meynung iſt: daß die Kryſtalllinſe vermittelſt des ligamentum ciliare eine Bewegung erhält, und der Netzhaut näher gerücket, oder von ihr entfernet wird, ſo wie es die Lage der Gegenſtände erfodert. Dieſes Ligament, ſaget er, iſt ein Werkzeug, deſſen Bau und Anlage es vortrefflich geſchickt machen, die Linſe zu verſchieben, und ſie von der Netzhaut zu entfernen, wenn die Gegenſtände uns zu nahe liegen. Denn, indem es ſich zuſammenzieht, ſchiebt es nicht allein ſelbſt die Linſe vorwärts, ſondern drücket auch die dahinter liegende glasartige Feuchtigkeit zuſammen, daß dieſe wiederum gegen die Linſe drängt, und ſie von der Netzhaut abwärts treibt. Zu mehrerer Deutlichkeit ſey C die Kryſtalllinſe, und die krummen Linien a o, a o, ſey das ligamentum ciliare. Nun ſieht man leicht, daß dieſes Ligament, wenn es ſich verkürzet, die Linſe vorwärts nach den Richtungen a o d, a o d ziehen muß, und ſie dem Vordertheile des Auges näher bringt. Nach Porterfield durch das ligamentum ciliare. fig. 112.

Er bemerket auch, daß die Fibern, woraus dieſes Ligament beſteht, nicht nach der geraden Linie ausgeſpannet ſind, ſondern eine krumme Linie bilden, weswegen ſie, wenn ſie ſich zuſammenziehen, den geraden Linien a o, a o, mehr nähern müſſen, ſo daß die Hölung vermindert, die glasartige Feuchtigkeit zuſammengedrücket, und folglich die Linſe mehr vorwärts geſchoben wird. Dazu kömmt noch, daß die Linſe, wenn ſie vorwärts getrieben wird, die wäſſerichte Feuchtigkeit gegen die Hornhaut drücket, wodurch dieſe Haut, wegen ihrer Biegſamkeit, erhabener gemachet wird, und die Deutlichkeit naher Gegenſtände befördert *h*).

f) Porterfield on the eye, vol. 1. pag. 408-423.

g) Ibid. p. 442.

h) Ibid. p. 447.

Als einen nicht geringen Beweisgrund, daß eine Veränderung in der Lage der Linse das Mittel abgiebt, wodurch die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Entfernungen erhalten wird, führet Dr. Porterfield die Erfahrungen an solchen Personen an, denen der Staar gestochen ist. Diese können nicht mit einer und derselben Staarbrille in verschiedenen Entfernungen deutlich sehen, sondern müssen sich verschiedentlich erhabener Gläser, nach Maaßgabe der Entfernungen der Gegenstände bedienen *i*).

Dem Einwurfe des de la Hire und anderer, unter welchen besonders die berühmten Anatomiker, von Haller und Zinn sind *k*), daß das ligamentum ciliare nicht muskulös sey, und folglich kein Zusammenziehungsvermögen habe, setzet Porterfield entgegen, daß diese Gelehrten sich durch einen falschen Begriff von der Farbe der Muskeln, als wenn sie nothwendig roth seyn müßte, hätten verleiten lassen. Dieses sey aber gar nicht von Nothwendigkeit, da die muskulösen Fibern der Eingeweide und des Magens schwerlich das geringste Roth in ihrer Farbe beygemischet hätten. Auch sey es gewiß, daß die Regenbogenhaut sich nach Maaßgabe der Helligkeit der Gegenstände erweitere oder verengere, ohne daß die Fibern, vermittelst welcher dies geschehe, im geringsten roth wären *l*).

Daß die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Entfernungen, durch eine Verrückung der Krystalllinse geschehen sollte, hat man auch dadurch widerlegen wollen, weil man durch Rechnung gefunden hat, daß diese Verrückung zu der zu erhaltenden Absicht doch noch unzulänglich bleibt. Allein Dr. Porterfield erinnert dagegen, daß alle solche Rechnungen sich auf die Ausmessungen der verschiedenen Theile des Auges, ihrer Entfernungen von einander, und der brechenden Kräfte der Feuchtigkeiten gründen, wovon keines mit zuverläßiger Genauigkeit bestimmet werden könne, daher also dieser Einwurf nicht von Wichtigkeit sey. Wenn aber auch die Linse von der Netzhaut nicht hinlänglich zu entfernen stehe, um in der möglichst kleinen Entfernung noch deutlich zu sehen, so werde doch das fehlende noch durch die größere Rundung der Hornhaut ersetzet werden. Denn durch das Vorrücken der Linse werde nicht allein ihre Entfernung von der Netzhaut größer, sondern die Hornhaut werde auch erhabener: ein Umstand, worauf man bey Vorbringung dieses Einwurfes nicht gedacht habe *m*).

Jurins Hypothese.

Dr. Jurins Hypothese, wie man entlegene Sachen deutlich zu sehen im Stande ist, verdienet hier angeführet zu werden. Wenn das Auge auf größere Entfernungen als 15 bis 16 Zoll eingerichtet werden soll, so nimmt er an, daß das ligamentum ciliare sich zusammenziehe, und den Theil der Vorderfläche der Kapsel, in welchen ihre Fibern hineingehen, ein wenig vorwärts und auswärts bringe.

i) Ibid. p. 434. (Das Gegentheil versichert Herr von Haller, Physiol. T. 5. p. 514. A.)

k) Muſſchenbroek introd. vol. 2. p. 749. (Zinn de oc. hum. p. 74. Halleri physiol. T. 5. p. 381. 514. A.)

l) Porterfield, vol. 1. p. 450. Zinn und Haller brauchen diesen Grund nicht. K.

m) Porterfield, vol. 1. p. 447.

bringe. Dadurch fließe das unter der Kapſel enthaltene Waſſer unten von der Mitte nach dem erhobenen Theile hin, und die wäſſerichte Feuchtigkeit oben von dem erhobenen Theile der Kapſel nach der Mitte hin; alſo werde die ganze Vorderfläche, innerhalb der Stelle, wo das Ligament hineingeht, weniger convex. Sobald dieſe Zuſammenziehung aufhöre, werde die Kapſel, vermöge ihrer Federkraft, ſich in ihren vorigen Zuſtand wieder ſetzen. Die Kapſel, als ein ſehr dünnes Häutchen, zwiſchen deren innern Fläche und der Linſe Waſſer enthalten iſt, könne der Wirkung des Ligaments, ſo ſchwach auch deſſen Muskeln ſind, willig gehorchen.

Dawider kann aber eingewendet werden, daß, woferne das Waſſer innerhalb der Kapſel nicht eine ſtärkere Brechungskraft als die wäſſerichte Feuchtigkeit hat, die Verſchiebung deſſelben von einer Stelle zur andern, dieſer Feuchtigkeit Platz zu machen, keine Aenderung in dem Wege der Strahlen hervorbringt. Dr. Jurin zieht dieſen Umſtand gar nicht in Betrachtung, ſondern ſcheint dem Waſſer innerhalb der Kapſel dieſelbe brechende Kraft mit der Linſe ſelbſt beyzulegen, und berechnet dem zu Folge, daß dieſe Veränderung der Convexität der Kapſel vermögend iſt, die Gränze des deutlichen Sehens von 15 Zoll bis zu 14 Fuß 5 Zoll *n*) zu erweitern, ohne die geringſte Bewegung der Kryſtalllinſe ſelbſt, und mit einer nur ſehr geringen Verrückung der Vorderfläche der Kapſel *o*).

Muſſchenbroek, oder vielmehr Albinus, von dem das anatomiſche in jenes Introductione etc. herrühret, nimmt an, daß die Veränderung in der Einrichtung des Auges vermittelſt der corona ciliaris *p*) bewerkſtelliget werde, und zwar auf folgende Art. Wenn man einen ſehr nahen Gegenſtand betrachtet, wobey die Muſſchenbroeks Erklärung.

Ver-

n) Manche Schriftſteller reden von der entfernteſten und von der nächſten Gränze des deutlichen Sehens; drücken ſich aber hiemit ſehr unrichtig aus. Wenn ein Gegenſtand unter einem hinlänglich großen Winkel geſehen wird, ſo iſt es einerley, wie weit er entfernet iſt, weil er immer mit gleicher Deutlichkeit geſehen wird. Solche, die nicht kurzſichtig ſind, können mittelſt paralleler Strahlen, ja wohl gar mittelſt convergirender deutlich ſehen. Was ſie unter der entfernteſten Gränze des deutlichen Sehens verſtehen, ſcheint die Entfernung zu ſeyn, in welcher man noch ein mit mittlerer Schrift gedrucktes Buch leſen kann. So hat es Dr. Jurin gewiß verſtanden, weil er S. 141. ſaget, daß dieſe Entfernung nach Maaßgabe der Größe des Druckes verſchieden iſt. (Dieſe Ausdrücke haben aber doch einen richtigen Verſtand. S. den Zuſatz zu dieſem Kapitel. Hr. Prieſtley verwirret hier Deutlichkeit und Empfindlichkeit des Bildes auf der Netzhaut. A.)

o) Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion. p. 143. (d. d. A. S. 497. Wie man Gegenſtände in einer kleinern Entfernung als 15 Zoll deutlich ſehen könne, erkläret Jurin durch die Wirkung eines Muskelringes des Traubenhäutchens, welcher die Hornhaut erhabener machen ſoll. Sobald dieſer Muskelring aufhöre zu wirken, ſetze ſich die Hornhaut durch ihre natürliche Federkraft wieder in die Krümmung für 15 Zoll. Der Raum, um welchen ſich die Hornhaut der Oeffnung des Auges zu nähern brauche, ſey nur $\frac{1}{180}$ Zoll, wenn man bis auf 5 Zoll deutlich ſehen will. Hr. von Haller bemerket dagegen, daß man einen ſolchen Muskelring nicht ohne Erweis annehmen dürfe, und daß die Hornhaut viel zu hart ſey, um ſich biegen zu laſſen. Phyſ. T. V. p. 512. A.)

p) S. die Anm. *f*) im erſten Theile dieſer Ueberſ. S. 30. Die membrana vitrea, welche ſich nahe bey der Kryſtalllinſe in zwey Häutchen theilet, von denen die Linſe vorne und hinten gefaſſet wird, machet daſelbſt einen

Vereinigungspuncte der Strahlen über die Netzhaut hinausfallen, so werden die corona ciliaris und die vordere Haut der Kapsel schlaffer, daß die glasartige Feuchtigkeit, welche von den sie umgebenden Häuten des Auges gepresset ist, vorwärts getrieben wird, und die Linse dadurch von der Netzhaut entfernet. Die Linse treibt die wässerichte Feuchtigkeit vorwärts nach der Hornhaut hin, und machet diese runder. Vielleicht, saget er, mag auch die Krystalllinse runder gemachet werden, so daß drey Mittel da sind, weswegen sich die Strahlen eher als sonst vereinigen müssen. Ist hingegen der Gegenstand so weit entlegen, daß die Strahlen sich zu bald vereinigen, ehe sie die Netzhaut erreichen, so wird die corona ciliaris und die Kapsel der Linse angezogen, drücken die Linse gegen die glasartige Feuchtigkeit an, und nähern sie der Netzhaut. Dabey wird die Linse selbst flächer, und bricht die Strahlen nicht so stark, so daß aus allen diesen Ursachen die Strahlen erst an einer entferntern Stelle sich vereinigen. Die processus ciliares, fährt er fort, wurden sonst für das Werkzeug gehalten, das die Linse von der Netzhaut entfernete, oder sie ihr näherte; weil diese aber nicht muskulös sind, und auch nicht mit der Linse zusammenhängen, so hat man diese Meynung fahren lassen.

Die zona ciliaris und die vordere Haut der Kapsel können die Krystalllinse nur um die Hälfte ihrer Dicke in die glasartige Feuchtigkeit hineintreiben, welches lange nicht so viel beträgt, als nöthig ist, kleine Gegenstände in so ungleichen Entfernungen als 6 Zoll, und 14 Fuß 5 Zoll deutlich erscheinen zu machen. Deswegen, saget Musschenbroek, muß die Linse ihre Figur verändern können, wie dieses Dr. Pemberton wohl bewiesen habe, weil wir Gegenstände vermittelst divergenter Strahlen zu sehen pflegen, aber auch durch Mikroskope vermittelst paralleler, ja wohl convergirender Strahlen sehen können. Am wahrscheinlichsten werde die Figur der Linse durch die Wirkung der vordern Haut ihrer Kapsel geändert, nicht durch die processus ciliares, welche über den Rand der Linse frey und loß hängen, und so schief liegen, daß sie auf die Krystalllinse nicht gerade zu wirken können.

Weil die harte Haut an manchen Thieren so hart ist, daß sie sich gewiß nicht zusammendrücken läßt, die Augen aller Thiere aber sich in den Hauptstücken ähnlich seyn werden, so hält Musschenbroek es daher für wahrscheinlich, daß die Anstalten, das Auge auf verschiedene Entfernungen einzurichten, bey allen dieselben seyn werden, und daß daher eine Veränderung der harten Haut dazu nicht gebraucht werde q).

Zusatz

nen runden Canal rings um den größten Kreis der Linse herum, den sogenannten Petitischen Canal, quer über welchen starke Fibern laufen, die ihn von einer Stelle zur andern so zusammenziehen, daß er, wenn er vermittelst einer kleinen darinn gemachten Oeffnung aufgeblasen wird, wechselsweise von einer Stelle zur andern aufschwillt, und sich einzieht, wie das intestinum colon, wenn es aufgeblasen ist. Hall, Phys. T. 5. p. 393. Musschenb. Intr. vol. 2. p. 752. Zinn, p. 123. tab. 7. f. 1. K.)

q) Musschenbr. Introd. vol. 2. p. 759 seqq.

Zuſatz des Ueberſetzers.

Umſtändlich trifft man den Inhalt dieſes Kapitels abgehandelt an in des Herrn von Haller Phyſiologie, B. 5. S. 507-518. Er erkläret ſich dahin, daß die Veränderung der Oeffnung des Auges zum deutlichen Sehen auf verſchiedene Weiten hinlänglich ſeyn möchte. Denn man habe ſich nur deswegen ſo viel Mühe gegeben, ſo mancherley Hypotheſen zu erdenken, weil man geglaubet, daß der Menſch in ſehr verſchiedenen Entfernungen deutlich zu ſehen im Stande ſey. Dieſes verhalte ſich aber nicht ſo. Denn man pflege ſich dem Gegenſtande zu nähern, oder ſich davon zu entfernen, um den wahren Geſichtspunct zu ſuchen, wenn man etwas deutlich ſehen wolle; man würde ſich aber ja der Veränderung des Auges bedienen, wenn dieſe in unſerer Gewalt wäre. Ferner ſey es gewiß, daß man durch ein Kartenblatt, in welches zwey Löcher gebohret ſind, einen Gegenſtand in der zum deutlichen Sehen gehörigen Entfernung einfach, in jeder andern doppelt ſehe; woraus deutlich erhelle, daß das Auge eine gewiſſe beſtimmte Einrichtung habe, um auf eine gewiſſe Entfernung deutlich zu ſehen, welche Einrichtung ſich nicht ändern laſſe, um auch auf eine andere Entfernung Deutlichkeit zu erhalten. Wenn man ein mit kleiner Schrift gedrucktes Buch leſe, ſo werde man finden, daß die Entfernung, in der man ſie deutlich erkennen könne, nur geringe Veränderungen leide. Er ſelbſt könne ſie nicht um einen Zoll verändern, ohne der Deutlichkeit Schaden zu thun *). Es ſeyn auch keine Kräfte vorhanden, welche die Figur der Linſe ändern könnten, und man wiſſe mit Gewisheit von keiner andern Bewegung im Auge, als der Veränderung der Pupille. Auch in der Camera obſcura helfe die Verengerung der Oeffnung zur Deutlichkeit naher Gegenſtände.

Wenn man ſich von dieſer Streitfrage gründlich zu urtheilen in Stand ſetzen will, ſo muß man nothwendig von dem Wege der Strahlen durch das Auge deutliche Vorſtellungen haben. Ich will daher hier die Reſultate meiner darüber ſorgfältig gemachten Rechnungen mittheilen.

Ich ſetze nach den vom **Petit** an vielen Augen angeſtellten Meſſungen, wie ſie **Jurin** im Engliſchen Decimalmaaße anführet **)

Den Halbmeſſer der Krümmung der Hornhaut, insgemein	3,329 Lin.
— — der vordern Krümmung des Kryſtalls, ein Mittel aus 26 Augen genommen	3,308
— — der hintern Krümmung, eben ſo gefunden	2,506
Die größte Dicke des Kryſtalls, aus eben den Augen	1,852
Axe der Hornhaut und der wäſſerichten Feuchtigkeit zuſammen	1,036

Das

*) Ich finde, daß ich den Hamburger Correſpondenten in einer Entfernung von 6 Zoll bis etwa 21 Zoll gut leſen kann, wiewohl ich dieſe Blätter gewöhnlich in einer Entfernung von etwa 12 Zoll leſen mag. Des Hrn. v. H. Augen ſind kurzſichtig.

**) Käſtners Lehrbegr. der Optik, S. 496. aus den Mem. de Par. 1728. 1730.

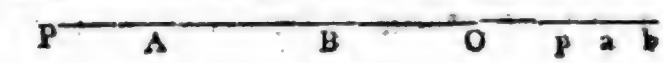
Das Verhältniß der Strahlenbrechung in die wässerichte Feuchtigkeit sey 4 zu 3, aus dieser in den Krystall 13 zu 12, aus diesem in die glasartige 12 zu 13. Die Brechungskraft der Hornhaut wird so groß wie diejenige der wässerichten Feuchtigkeit angenommen, so daß überhaupt drey Brechungen im Auge vorgehen. Die Vereinigungsweiten der Strahlen nach jeder dieser Brechungen für verschiedene Fälle stellet folgende Tafel dar.

Entfernung des Gegenstandes	unendlich	265 Lin.	80 Lin.
Vereinigungsweite von der Vorderfläche der Hornhaut nach			
der ersten Brechung — —	13,316	13,837	15,215
der zwoten Brechung — —	11,196	11,766	12,354
der dritten Brechung — —	8,998	9,328	9,659

Unter den Linien sind hier Decimallinien eines Englischen Zolles zu verstehen. Die dritte Decimalziffer kann etwas fehlerhaft seyn. Die Vereinigungsweite 9,328 Lin. ist das arithmetische Mittel zwischen den Vereinigungsweiten, wenn die Entfernung des Gegenstandes auf der Axe unendlich oder 8 Zoll ist, woraus rückwärts die dazu gehörige Entfernung des Gegenstandes $26\frac{1}{2}$ Zoll berechnet ist. Diese Vereinigungsweite soll als die Tiefe des Auges, für das die Berechnung gemachet ist, angenommen werden, damit die Undeutlichkeit weder auf der einen noch auf der andern Seite zu groß ausfalle, wenn das Auge seine Einrichtung nicht sollte ändern können, oder damit, wenn sie es ändern kann, die Veränderungen auf beyden Seiten zum nähern oder entferntern Sehen einander etwa gleich kommen mögen. Jurin führet an, daß er durch ein Mittel von sechs zergliederten Augen die Augenaxe von der äußern Fläche der Hornhaut bis an das Netz 9,15 Lin. groß gefunden habe.

Wir wollen fürs erste diesem Auge keine Veränderung seiner Einrichtung zugestehen; es soll bloß auf 26 Zoll vollkommen deutlich sehen. Die Zerstreuung der Strahlen, wenn der Gegenstand sehr weit vom Auge entfernet, oder bis auf 8 Zoll demselben genähert wird, ließe sich zwar berechnen, wenn man die Winkel der äußersten Strahlen, welche durch die Oeffnung des Auges gehen, mit der Axe suchte. Man würde aber nichts daraus schließen können, weil wir nicht wissen, wie groß die Zerstreuung seyn darf, ohne der Deutlichkeit merklich zu schaden. Da die Längenabweichung in unserm zum Beyspiele genommenen Auge nur $\frac{3}{10}$ Lin. ausmachet, so ist die Seitenabweichung viel kleiner, weil der Winkel der äußersten Strahlen mit der Axe nur klein seyn kann.

Sehr sinnreich und einfach ist aber die Methode, deren sich Jurin bedienet *), die Zerstreuung der Strahlen und die daher entstehende Undeutlichkeit zu bestimmen, und diese will ich hier ins Licht zu setzen mich bemühen.



Es

*) Kästners Lehrbegr. d. Optik, S. 496.

Es ſey die Vorderfläche der Hornhaut in O, die Strahlen, welche von A herkommen, ſollen in a, die von B in b, die von einem unendlich entlegenen Puncte P in p vereiniget werden. Es ſey O A = 26½ Zoll; O a = 9⅓ Lin. die Tiefe des Auges bis an die Netzhaut in a. Man denke ſich in A die Spitze eines Strahlenkegels, deſſen Grundfläche die Oeffnung des Auges iſt; dieſen Kegel verlängere man nach P hin ins Unendliche fort, ſo werden alle in demſelben enthaltenen Strahlen in a zuſammenkommen. Iſt der Durchmeſſer der Augenöffnung 2 Lin. oder $\frac{2}{10}$ Zoll, ſo iſt der Winkel, welchen zwo Seitenlinien des Kegels in der Ebene durch ſeine Axe mit einander machen, etwa 26 Minuten. Wenn man alſo mit einem auf die Entfernung O A eingerichteten Auge zween Sterne betrachtete, die um 26 Minuten von einander ſtünden, ſo würden die äußerſten Strahlen, welche von ihnen durch die Oeffnung des Auges gehen, nachdem ſie ſich in A gekreuzet haben, in a zuſammenkommen, das heißt, die Zerſtreuungskreiſe ihrer Strahlen auf der Netzhaut würden ſo groß ſeyn, daß ſie ſich auf der Axe berührten. Hieraus folgete zwar noch nicht, daß, wie Jurin meynet, die Sterne 26 Min. groß ſcheinen müßten, weil das Licht nach dem Rande des Zerſtreuungskreiſes hin zu ſchwach ſeyn könnte, um empfunden zu werden. Immer bliebe aber die Undeutlichkeit gewiß ſehr groß, wenn man auch die wirklich empfundene Zerſtreuung um die Hälfte und mehr geringer anſetzen wollte, und eine Verminderung der Oeffnung des Auges könnte hier nicht helfen, weil es ſonſt an Helligkeit gebrechen möchte.

Die Tiefe des Auges O A kleiner als 9⅓ Lin. und die Entfernung O A, welche vielleicht für die meiſten Augen ſchon zu groß iſt, größer als 26½ Zoll anzunehmen, ſchadet am deutlichen Sehen in kleinern Entfernungen. Es ſey O B = 8 Zoll. Durch B gedenke man ſich einen Strahlenkegel, deſſen Grundfläche in O auf der Oeffnung des Auges, und der auf der andern Seite bis A hin verlängert wird. In A ſey ein Gegenſtand von der Größe der Grundfläche des Kegels in dieſem Puncte. Jeder Punct deſſelben malet ſich auf der Netzhaut vollkommen deutlich ab, in dem Puncte, wo von ihm ein Strahl die Netzhaut trifft, alſo in einem Strahle durch B, und daher iſt des Punctes B Bild genau ſo groß als das Bild des Kreiſes in A. Es verhalten ſich aber die Durchmeſſer dieſes Kreiſes und der Oeffnung des Auges, wie A B zu O B, in unſerm Exempel wie 37 : 16, alſo iſt der Kreis in A, wenn der Durchmeſſer des Auges 2 Lin. geſetzet wird, 4⅝ Lin. im Durchmeſſer. Oder man kann ſich auch auf folgende Art die Undeutlichkeit eines in B befindlichen Gegenſtandes begreiflich machen. Die Oeffnung des Auges nehme man 2 Lin. groß, und ſetze in B den Mittelpunct eines Kreiſes 1,4 Lin. im Durchmeſſer, ſo werden die äußerſten Strahlen, die von dem Umfange deſſelben ins Auge kommen, durch A gehen, folglich in a zuſammen kommen. Das iſt, die Zerſtreuungskreiſe zweener diametral entgegen geſetzter Puncte dieſes in B befindlichen Kreiſes werden ſich im Auge berühren, oder die deutlich zu erkennenden Sachen müſſen in B bald 1½ Linien von einander entfernet ſeyn, wenn ihre Bilder nicht in einander fließen ſollen. Eine ſolche Undeutlichkeit, die man beym Sehen doch nicht antrifft, zu heben, wird ohne eine Veränderung der Einrichtung des Auges nicht möglich

seyn. Wenn man auch andere Maaßen bey der Berechnung annimmt, so wird dieses nicht helfen: die Undeutlichkeit wird auf der einen Seite desto schlimmer, wenn man auf der andern sie vermindert. Die Puncte b und p werden auch einer fast so viel als der andere nach O hin oder davon abrücken.

Es kömmt also nur darauf an, die Art der Veränderung im Auge, und die Mittel, wodurch sie bewerkstelliget wird, ausfindig zu machen. Da unsere größten Anatomiker, ein von Haller oder Zinn, die processus ciliares für ganz unfähig dazu erklären, so darf man wohl mit Porterfield nicht darauf bestehen. Nach der Beschreibung des Petitischen Canals, sollte man denken, daß er das Werkzeug zu den Veränderungen des Auges wäre. Vielleicht so, daß er, wenn er sich ausdehnet, den Rand der Linse einwärts drücket, und sie erhabener machet, um in der Nähe Deutlichkeit zu verschaffen, oder auch die Linse selbst etwas vorwärts treibt. Es könnte dies allenfalls ohne Hülfe von Muskeln auf die Art etwa geschehen, wie Herr von Haller die Verengerung der Pupille erkläret. Doch überlasse ich dieses, wie billig, den Anatomikern.

Zum Schlusse muß ich noch eine Bemerkung von den Gränzen des deutlichen Sehens machen. Für jedes Auge muß es eine gewisse Weite geben, auf welche es vollkommen deutlich ohne alle Anstrengung sieht, so daß die Strahlen von einem Puncte in dieser Entfernung vollkommen in einen Punct vereiniget werden. Weil das Auge ein Vermögen hat, seine Einrichtung etwas zu ändern, so muß es noch auf andere Weiten, als jene, welche ich die **natürliche Weite des vollkommenen Sehens** nennen will, vollkommen deutlich sehen können. Die Gränzen dieser Weiten disseits und jenseits der natürlichen Weite, sind die **Gränzen des vollkommen deutlichen Sehens.** Weil das Auge einige Undeutlichkeit vertragen kann, so lassen sich diese Gränzen noch auf eine gewisse Weite aus einander rücken, und so erhält man die **Gränzen des guten Sehens ohne merkliche Undeutlichkeit.** Ich wünschte, daß man zur Bestimmung dieser Gränzen für die gewöhnlichsten Fälle mehr Versuche machete.

Drittes Kapitel.

Ueber das Schielen.

Verschiedene Meynungen vom Schielen.

Schielen ist ein Umstand beym Sehen, worüber die Naturkundigen ziemlich uneins gewesen sind. Man nahm sonst gewöhnlich an, daß es von einem Mangel der gehörigen Uebereinstimmung zwischen den Augenmuskeln herrühre, die deswegen nicht im Stande wären, beyde Augen auf einen und denselben Gegenstand zu richten. Allein de la Hire war der Meynung, daß dieser Uebelstand nicht von einer Angewohnheit, oder von einer Mishelligkeit der Augenmuskeln entstünde, sondern seinen Grund in einem Fehler des Auges selbst hätte, als worinn der empfindlichste Theil der Netzhaut nicht in die Richtung der Augenaxen, sondern etwas zur Seite fiele, so daß daher nicht die Augenaxen, sondern dieser empfindlichere Theil

der

der Netzhaut nach dem Gegenſtande gekehret würde, auf welchen die Axe des andern Auges gerichtet iſt, und beyde Axen alſo nicht auf denſelben Punct träfen.

Dieſe und andere Erklärungen widerleget Dr. Jurin, und giebt dagegen folgende. Wenn wir gerade vor uns nach einer entlegenen Sache ſehen, ſo liegt jeder Augapfel in der Mitte der Oeffnung, welche die Augenlieder machen. Sehen wir nach nahen Sachen, ſo iſt die Entfernung beyder Augäpfel etwas kleiner; bleibt aber doch unverändert, ſowohl, wenn wir die Augen ſchief drehen, als wenn wir gerade vor uns hin ſehen; und dadurch bleiben die beyden Augenaxen nach demſelben Puncte gerichtet, man mag nach einer nahen oder entfernten Sache ſehen. Bey Schielenden aber bleibt der Augapfel des unverdrehten Auges in der Mitte der Oeffnung, ſo wie, wenn man gerade vor ſich ſieht, aber der Augapfel des andern Auges wird gewöhnlich nach der Naſe hin gezogen; und in dieſer kleinern Entfernung bleiben beyde bey allen ſchiefen Richtungen des Auges, ſo daß die beyden Axen niemals auf denſelben Punct gerichtet ſind, wiewohl die Muskeln in ſoweit gleichförmig wirken, daß ſie beyde Augen zu gleicher Zeit nach einerley Gegend bewegen. Jurins Erklärung.

Dieſen Fehler kann ein Kind ſich leicht angewöhnen, wenn man es oft in der Wiege ſo leget, daß es das Licht oder eine andere in die Auge fallende Sache nur mit einem Auge ſehen kann. Iſt es auf ſolche Art zum Schielen verleitet, und durch Gewohnheit darinn beſtärket, ſo fürchtet er, es werde vergeblich ſeyn, den Fehler durch Röhren oder Schalen mit Löchern, die das Kind vor den Augen tragen muß, abhelfen zu wollen, wie man ſonſt mag verſuchet haben.

Für die wahre Art, das Schielen zu heben, hält er folgende. Wenn das Kind ſo alt iſt, daß es ſeinen Augen eine gewiſſe Richtung zu geben verſteht, ſo ſtelle man es gerade vor ſich, laſſe es das unverdrehete Auge zuſchließen, und ſich mit dem andern von ihm anſehen. Findet man die Axe des Auges gerade auf ſich gerichtet, ſo ſage man ihm, es ſoll ſich beſtreben, das Auge in dieſer Lage zu erhalten, und laſſe es das andere aufthun. Alsdenn wird man das unverdrehete zwar auf ſich gerichtet finden, das fehlerhafte aber wird nach der Naſe des Kindes hin ſich drehen. Doch durch Gedult und wiederhohlte Verſuche wird das Kind allmählig es dahin bringen, auch das verdrehte Auge in unverwandter Richtung, wenigſtens eine kurze Zeit zu erhalten, nachdem das andere Auge geöffnet iſt. Hat man es ſo weit gebracht, daß es beyde Augenaxen auf einen richten kann, wenn man gerade vor ihm ſtehet, ſo verändere man ſeine Stellung, und laſſe es erſt ein wenig auf die eine Seite, denn auf die andere treten, und eben das wiederhohlen. Kann es in allen dieſen Stellungen beyde Augenaxen vollkommen und leicht auf einen richten, ſo iſt der Geſichtsfehler gehoben. Ein erwachſener Menſch kann alles dieſes, für ſich allein, vermittelſt eines Spiegels bewerkſtelligen, doch nicht ſo leicht, als wenn er jemanden zur Hülfe nimmt; aber je älter er iſt, deſto mehr Gedult wird er nöthig haben. Dr. Jurin verſuchte einmal einen jungen Menſchen von neun Jahren auf dieſe Art vom Schielen zu befreyen, hatte auch viel Hoffnung eines guten Erfolges, als dieſer die Pocken bekam, und daran ſtarb a). Heilart des Fehlers.

a) Smith's Opticks, Remarks, p. 30. (d. d. A. S. 395.)

Büffons Erklärung.

Herr von Büffon, der die Urſache des Schielens noch ſorgfältiger unterſuchet hat, entdeckte durch ſehr viele darüber angeſtellte Wahrnehmungen, daß ſie in der Ungleichheit der Güte beyder Augen, oder der Gränzen des deutlichen Sehens für beyde liegt. Wenn ein Auge, ſaget er, viel ſchwächer als das andere iſt, ſo richtet man es nicht nach dem Gegenſtande, ſondern brauchet bloß das ſtärkere Auge, ſo wie man ſich gewöhnlich des rechten Armes lieber als des linken bedienet. Sind beyde Augen gleich gut, ſo ſieht man mit beyden deutlicher als mit einem allein, und zwar etwa um ein Drenzehntheil Wenn aber z. E. die Entfernung, in welcher jemand eine kleine Schrift leſen kann, für das ſchärfere Auge von 8 bis zu 20 Zoll, und für das ſchwächere von 8 bis zu 15 Zoll gehet, ſo liegen die Gränzen des deutlichen Sehens für beyde Augen nur um 7 Zoll auseinander, nämlich von 8 bis zu 15 Zoll, und weil das Bild in dem ſchärfern Auge ſtärker als in dem ſtumpfern Auge iſt, ſo wird ein ſolcher mit beyden Augen nicht ſo deutlich als mit dem guten Auge allein ſehen. Es iſt alſo kein Wunder, wenn ſolche Perſonen das gute vorzüglich brauchen, und das andere zur Seite kehren [b]).

Inzwiſchen behauptet unſer Verfaſſer nicht, daß die Ungleichheit der Güte beyder Augen die einzige Urſache des Schielens ſey. Sie iſt, ſaget er, nur die Haupturſache, ſo daß man die andern als zufällige in Vergleichung mit ihr anſehen kann, und ſo gemein, daß bey allen Schielenden, an welchen er Beobachtungen gemacht hatte, der Fehler von der Ungleichheit ihrer Augen herrührete. Die Folgen dieſer Urſache ſind ſo nothwendig, fähret er fort, daß es vielleicht nicht möglich iſt, das Schielen zu heben, wenn die Ungleichheit der Augen zu groß iſt, man müßte ſie denn vermittelſt dazu eingerichteter Gläſer einander gleicher machen [c]). Dr. Reid führet an, daß er mehr als zwanzig Schielende unterſucht, und bey allen einen Fehler in dem Geſichtsvermögen des einen Auges gefunden habe. Vier von ihnen waren noch mit dem ſchwachen Auge deutlich zu ſehen im Stande, wenn das andere geſchloſſen war. Die übrigen ſahen mit dem einen Auge ganz und gar nicht deutlich [d]).

Da Herr von Büffon an verſchiedenen Kindern, welche nicht ſchieleten, die Gränzen des deutlichen Sehens unterſuchte, ſo fand er, daß ſie bey weitem nicht ſo nahe oder ſo weit wie erwachſene Perſonen ſehen könnten, [e]) daß alſo, mit zunehmenden Jahren die Gränzen des deutlichen Sehens nach beyden Seiten hin erweitert werden; und dieſes, ſaget er, iſt eine Urſache, warum Kinder mehr als erwachſene Perſonen ſchielen. Wenn die Ungleichheit der Augen nur $\frac{3}{10}$ oder geringer ſeyn darf, um bey einer kleinen Entfernung der Gränzen des deutlichen Sehens, das Schielen zu verurſachen, ſo muß ſie $\frac{3}{8}$ oder noch größer, bey einer gröſſern Entfernung der Gränzen, ſeyn, um dieſen Fehler hervorzubringen, der deswegen mit den Jahren abnehmen mag.

Sind

b) Mem. de l'Ac. de Par. 1743, p. 329.
c) Ibid. p. 338.
d) Inquiry into the human mind, p. 253.
e) Ein Kind zwiſchen 5 und 6 Jahren, mit dem ich etwas von den Sternen redete, machte mir, als ich deren ſcheinbare Größe mit

Sind die Augen eines Schielenden nicht zu viel unterſchieden, ſo würde, nach ſeiner Meynung die einfachſte, natürlichſte und ſicherſte Art zu helfen ſeyn, daß man das gute Auge einige Zeit bedecket halten ließe. Dadurch würde das verdrehete Auge gezwungen, ſich anzuſtrengen, und ſich ſelbſt gerade nach den Gegenſtänden zu richten, ſo daß dieſes zuletzt ihm allmählig ganz natürlich fallen würde. Einige Oculiſten ſollen ſich, wie er gehöret hatte, dieſer Art mit gutem Erfolge bedienet haben; doch räth er an, ehe man dazu ſchreitet, ſich wegen des Grades der Ungleichheit beyder Augen wohl zu vergewiſſern, weil die Heilart unmöglich gelingen kann, wenn die Ungleichheit zu groß iſt. Dieſe Gedanken fand er auch zu ſeinem Vergnügen durch einen vom Hrn. **Allen** in deſſen Synopſi vniuerſae medicinae angeführten Verſuch beſtätiget *f*). Büffons Heilart.

Die Urſache, daß Schielende gewöhnlich das fehlerhafte Auge nach der Naſe zu drehen, ſuchet er darinn, daß in dieſer Lage die Richtung der Axe deſſelben ſo viel als möglich von der Richtung des guten Auges ſich entfernet, wozu kömmt, daß alsdenn die Naſe viele Gegenſtände verdecket, die ſonſt mit dem ſchlechten Auge würden geſehen werden, weswegen dieſe Richtung mit den wenigſten Unbequemlichkeiten verknüpfet iſt *g*).

Andere Art von falſcher Richtung der Augen.

Manche Perſonen, füget er hinzu, ſind nicht eigentlich Schielende, haben aber doch eine falſche Richtung an einem ihrer Augen, die inzwiſchen nicht ſo ſehr in die Augen fällt, um einen Uebelſtand zu machen. Ihre Augäpfel bewegen ſich zuſammen, aber die Augenaxen bleiben, ſtatt nach Maaßgabe der Entfernungen der Sachen gehörig gegen einander geneigt zu ſeyn, immer etwas zu viel oder zu wenig gegen einander geneigt, oder auch wohl ſich immer parallel. Dieſer Fehler hat, ſeiner Meynung nach, oft ſeinen Grund in der ungleichen Stärke der Augen *h*), und kann, wenn er von einer andern Urſache, als etwa von einer Angewöhnung aus der Wiege her, entſteht, leicht gehoben werden. Iſt das ſchielende Auge nach dem Schlaf gekehret, ſo iſt, wie er gefunden, die Ungleichheit der Augen nicht ſo groß als in dem Falle, wenn es ſich nach der Naſe hin hält, und der Fehler rühret mehr von einer ſchon in der Wiege entſtandenen Gewohnheit her, und kann alsdenn gehoben werden, wenn man das gute Auge etwa vierzehn Tage geſchloſſen hält *i*).

Hr. **von Büffon** machet am Ende ſeines merkwürdigen Aufſatzes noch die Anmerkung, daß ein ſchwaches Auge durch Uebung ſtärker wird, und erzählet, daß verſchiedene Perſonen, deren Schielen er für unheilbar gehalten, weil ihre Augen gar

mit einem großen Nadelknopfe verglich, dieſe Vergleichung augenblicklich ſtreitig, und behauptete, ſie ſchienen ihm viel größer, noch etwas größer, ſo viel ich herausbringen konnte, als ein Zweygroſchenſtück, und dieſes ohne die Spitzen, wie es ſich ausdrückte. K.

f) Mem. de l'Ac. de Par. 1743, p. 335.

g) Ibid. p. 337.

h) Meine Augen ſind ungleich, da ich mit dem rechten den hamburger Correſpondenten auf 20 Zoll, mit dem linken aber nur bis auf 13 Zoll leſen kann. Die Axe des linken drehet ſich auch gerne nach dem Schlaf hin. K.

i) Mem. de Par. 1743, p. 342.

gar zu ſehr an Güte unterſchieden geweſen, dadurch, daß ſie das gute Auge nur einige Minuten lang bedecket gehalten, und alſo ſich gezwungen haben, das ſchlechte die kurze Zeit über anzuſtrengen, dieſem eine ſolche Verbeſſerung verſchaffet hätten, daß ſie ſelbſt darüber erſtaunet geworden wären, und daß er den Fehler dieſes Auges, nachdem er die Weite, worauf es nach dieſer Uebung gerichtet, unterſuchet, für heilbar erkläret hätte. Darum müſſe man, um von der Möglichkeit der Heilung deſto zuverläßiger zu urtheilen, das gute Auge den Schielenden eine Zeit lang bedecken laſſen, um dem ſchlechten dadurch mehr Stärke zu verſchaffen *k*).

Reids Anmerkung.

Dr. Reid, der dieſe Sache ſorgfältig unterſuchet, und die Augen verſchiedener Schielenden geprüfet hat, iſt der Meynung, daß die Mittelpuncte ihrer Augen ſo gut mit einander übereinſtimmen, wie in andern Perſonen; ſo daß, wenn ſie ſich nur angewöhnen könnten, ihre Augen gerade auf eine Sache zu richten, ſie nicht allein einen Uebelſtand, ſondern auch ihr Geſichtsvermögen verbeſſern würden *l*).

Hartley von dem Lichte als Urſache des Schielens.

Verſchiedene Ereigniſſe beym Sehen, und insbeſondere beym Schielen ſind von Dr. Hartley in den Anmerkungen, die er über den Bau des Auges macht, ſehr wohl erläutert. Die weißen flechſichten Ausbreitungen der vier gerade ziehenden Muskeln reichen bis an die Hornhaut, und ſind folglich bey offenem Auge der Wirkung des Lichtes ſehr ausgeſetzet, weil ſie bloß von einer dünnen Haut bedecket werden. Der herziehende und abziehende Muskel ſind beyde auf dieſe Art weit mehr bloß geſtellet, als der herausziehende und der herunterziehende, auf welche das Licht nicht fallen kann, wenn das Auge nur ein wenig geöffnet iſt.

Befindet ſich nun rechter Hand ein heller Gegenſtand, ſo daß das Licht insbeſondere auf die flechſichte Ausbreitung des abziehenden Muskels des rechten Auges, und des herziehenden Muskels des linken fällt, ſo werden durch die Zuſammenziehung der Muskeln, beyde Augen ſich nach derſelben Seite hin, dem Lichte zu, bewegen; und dieſes ſo lange, bis der herziehende und abziehende Muskel in beyden Augen einer ſo viel Licht empfängt, als der andere, das iſt, bis die Augenaxen nach dem hellen Gegenſtande hin gerichtet ſind.

Hiemit ſtimmet überein, daß an neugebohrnen Kindern die Augäpfel ſich nach derſelben Seite hin zu bewegen pflegen und daß dieſes faſt immer nach der rechten oder linken Hand hingeſchieht, ſelten aufwärts oder herunterwärts, weil die Augenlieder ſelten ſo weit offen ſind, daß die flechſichten Ausbreitungen des heraufziehenden und des herunterziehenden Muskels bloß lägen. Ihre Augen kehren ſich immer nach hellen Gegenſtänden, als einem brennenden Lichte, einem Fenſter u. d. gl. hin.

Weil die ſchiefziehenden Muskeln keine flechſichte Ausbreitungen haben, die dem Lichte ausgeſetzet wären, und auch an der Augkugel weiter nicht hängen, als eben da, wo ſie eintreten, ſo können ſie auf die Art, wie hier von den geradeziehenden Muskeln angenommen iſt, von außen nichts leiden, ſondern ſind bloß den vom Gehirne entſpringenden Einflüſſen unterworfen; die überhaupt, es ſey denn bey außerordentlichen Erſchütterungen des ganzen Nervenſyſtems, faſt gleichförmig wirken.

k) Ibid. p. 345.

l) Inquiry into the human mind. p. 257.

wirken. Dieſes ſtimmet auch mit der Erfahrung überein, und ſchicket ſich gut zu der Abſicht, die dieſen Muskeln gewöhnlich zugeſchrieben wird, daß ſie nämlich das Auge ſanft hängend erhalten, und nur bey gewiſſen beſondern Gelegenheiten es hervorziehen ſollen.

Auch die Ereigniſſe, welche bey jungen Kindern das Schielen verurſachen, beſtärken die hier vorgetragene Theorie. Als wenn ein Kind ſo in der Wiege geleget wird, daß ein Auge verdecket iſt, ſo fällt die Wirkung des von außen herkommenden Einfluſſes des Lichtes weg. Wird dieſes oft wiederhohlet, beſonders ſo lange die Vergeſellſchaftung der Bewegungen, vermöge deren eine von der andern erreget wird, noch ſchwach iſt, ſo wird das ſo bedeckte Auge bloß von den Einflüſſen aus dem Gehirne her regieret werden, und wird ſich meiſtentheils aufwärts und niederwärts bewegen m).

Viertes Kapitel.

Vermiſchte Ereigniſſe an den Augen.

Einfluß der Uebung aufs Sehen.

Dr. Jurin macht ſchöne Bemerkungen über die von Angewohnheit und Alter herrührende Veränderungen des Auges, die ſehr wohl eine Stelle in dieſem Kapitel verdienen. Die Muskeln des Auges werden, ſo wie an andern Theilen des Körpers, durch Uebung ſtärker und ſchmeidiger, und durch Unthätigkeit ſchlaffer. Gleichfalls verlieren an dem Auge, ſo wie an den übrigen Theilen des Körpers, die elaſtiſchen Theile, wenn ſie oft und lange geſpannt erhalten werden, von ihrer Federkraft, und werden, wenn ſie ſelten geſpannt werden, ſteif.

Hieraus, ſaget er, laſſen ſich die Veränderungen des Auges begreifen, die durch Uebung und Gewohnheit entſtehen. Leute, die ſehr oft entfernte Gegenſtände zu betrachten haben, als Reiſende, Seeleute, Jäger, ſehen beſſer in die Ferne als andere Menſchen. Dagegen ſehen Leute, die ſich viel mit ſehr nahen Dingen beſchäftigen, als Gelehrte mehrentheils, Uhrmacher, Kupferſtecher, Miniaturmahler, in kleinen Entfernungen beſſer, in großen Entfernungen ſchlechter, als andere Menſchen.

Oeffnung des Auges iſt an Kindern größer.

Bey Kindern iſt die Oeffnung des Auges ordentlich weiter als bey Erwachſenen. Zur Urſache giebt er an, daß bey Kindern die Hornhaut ſehr biegſam iſt, ſo daß ſie durch den Muskelring der Traubenhaut die zur Deutlichkeit beym Leſen nöthige Krümmung leicht annimmt, weswegen ſie die Oeffnung des Auges, der Deutlichkeit wegen, nicht ſo ſehr zu verengern brauchen. Bey erwachſenen Perſonen iſt die Hornhaut ſteifer, und deswegen ſind ſie genöthiget, die Oeffnung des Auges mehr zu vermindern. Alte Leute haben eine noch ſteifere Hornhaut, und können deswegen nicht ohne Brille leſen, wenn nicht der Druck groß und die Erleuch-

m) Hartley's obſervations on Man, vol. I. p. 215, 217.

Erleuchtung ſtark iſt, daß die Oeffnung ſich daher beträchtlich zuſammenziehen muß. Darum müſſen ſie das Licht zwiſchen das Auge und das Papier halten, ein gewiſſes Zeichen, daß ſie bald Brillen brauchen.

Kinder kurzſichtig.

Kinder leſen viel näher als Erwachſene, weil ſich ihre biegſame Hornhaut leicht auf eine kleinere Entfernung einrichtet, und die nähere Schrift gröſſer ausſieht, und beſſer zu leſen iſt, auch weil ihre Augen kleiner ſind, und die kleinſte Entfernung, worauf ein Auge deutlich ſieht, ſich wie ſeine Länge verhält *).

Alte weitſichtig.

Alte Leute ſehen beſſer in die Ferne als junge. Dieſes hält unſer Verfaſſer für ziemlich ausgemacht, und wenn, ſaget er, jemand daran zweifeln wollte, ließe es ſich ſo unterſuchen. Man laſſe einen, dem Alters wegen das Geſicht zur nahen Sachen abgeht, den drey- oder viertägigen Mond betrachten, und Acht geben, ob der erleuchtete Theil ihm von einem gröſſern Durchmeſſer, als der dunkele, ſcheine, und wie viel das betrage: darauf muß er ſich, wenn er kann, beſinnen, wie ihm dieſes in jüngern Jahren vorgekommen iſt. Unſer Verfaſſer glaubet, daß er den hellen Theil entweder gar nicht gröſſer, oder doch lange nicht ſo viel gröſſer als ſonſt finden werde *). Wenigſtens war das bey ihm der Fall. Er erinnerte ſich ſehr wohl, daß er ehemals den hellen Theil für viel gröſſer als den dunkeln gehalten, dagegen zu der Zeit, wie er dieſes ſchrieb, die Ränder dieſer beyden Theile ihm faſt in denſelben Kreis ſich zu verringern ſchienen.

Weil die Hornhaut aus einem lockern Gewebe, als die harte Haut beſteht, und der Luft mehr ausgeſetzet iſt, ſo wird ſie mit der Zeit mehr zuſammenſchrumpfen, und daher flacher werden, weswegen auch alte Leute in der Nähe nicht ſo gut ſehen, wie junge. Weil nun hiezu noch die Steifigkeit der Hornhaut kömmt, ſo wird dadurch die nächſte Gränze des deutlichen Sehens, von 3 bis 4 Zoll, wie ſie bey Kindern iſt, und von 5 bis 6 Zoll, wie ſie bey jungen erwachſenen Perſonen iſt, auf 20, 30, 40 Zoll und noch weiter fortrücken. In dieſem Falle kann das Auge ſich nicht anders als durch die Zuſammenziehung des Sternes helfen, welches aber zum deutlichen Sehen nicht hinreichend iſt, es müßte denn die Erleuchtung ſehr ſtark ſeyn.

Weil die Säfte erwachſener Thiere überhaupt ſtärker und reicher an ſalzichten und ölichten Theilen werden, ſo wird auch vermuthlich die Brechungskraft der Feuchtigkeiten des Auges mit den Jahren gröſſer. Denn alle brennbare Subſtanzen brechen, caeteris paribus, das Licht ſtärker als andere; und Petit bemerket, daß der Kryſtall im Auge, welcher anfangs ganz ohne Farbe iſt, mit den Jahren immer gelber wird. Dieſes mag eine allmählige Zunahme der Brechungskraft, wie unſer Verfaſſer glaubt, mit ſich führen, und ein Gegenmittel der allzuflach

und

a) Kinder brauchen ihr Geſicht nicht in die Ferne, aber faſt immer in der Nähe; darum iſt es zum nahen Sehen eingerichtet. K.

b) Die Undeutlichkeit vermehret die ſcheinbare Gröſſe des hellen Theiles. Je weitſichtiger das Auge wird, deſto geringer wird die Undeutlichkeit. K.

und ſteif werdenden Hornhaut abgeben, da wir ſonſt zu bald weitſichtig werden, und eher Brillen gebrauchen möchten c).

Hr. Aepinus führet an, daß an ſeinen Augen von ſeiner Kindheit an ſich ein beſonderer Umſtand ereignet hätte, da nämlich, ſobald er ſie auf einen weißen Gegenſtand richtete, es ihm vorkäme, als ſähe er etwas, wie durchſichtige, ſehr mit einander verwickelte Fäden, mit kleinen Knoten, auch neblichten runden Flecken dazwiſchen. Daß die Urſache dieſer Krankheit in der glasartigen Feuchtigkeit liege, ſcheint er ziemlich deutlich bewieſen zu haben. Weil aber dieſes Ereigniß etwas ungewöhnliches iſt, ſo werde ich wohl nicht nöthig haben, von ſeinen ſehr ins Einzelne gehenden Unterſuchungen etwas anzuführen d). Sonderbares Ereigniß.

In dieſem Kapitel will ich ferner die mir vorgekommenen Bemerkungen von den Verſchiedenheiten beym Sehen mit einem oder beyden Augen einrücken.

Newton und andere glaubten, daß die Gegenſtände deswegen einfach ausſehen, weil die Sehenerven ſich vereinigen, ehe ſie das Gehirn erreichen. Allein Dr. Porterfield erweiſet aus den Beobachtungen mehrerer Zerglieder, daß die Sehenerven ſich nicht mit einander vermiſchen, ſondern ſich bloß hart an einander ſchlieſſen, und daß man ſie von einander getrennt gefunden, ohne daß die Gegenſtände vorher doppelt erſchienen wären e). Urſache des einfachen Sehens.

Dr. Briggs glaubet, das einfache Sehen rühre von der gleichſtarken Spannung der übereinſtimmenden Theile der Sehenerven her, weswegen ſie gleichzeitige Schwingungen bekämen. Dieſes iſt, wie Dr. Porterfield zeiget, ſchon zum Theil für ſich unwahrſcheinlich, und ſtimmet mit den Erfahrungen nicht zuſammen.

Porterfield ſelbſt glaubet, daß wir, vermöge einer urſprünglichen Einrichtung unſerer Natur, die Gegenſtände irgendwo in der geraden Linie ſehen, die ſenkrecht auf die Netzhaut an der Stelle, wohin das Bild fällt, gezogen wird. Weil alſo ein einziger Gegenſtand beyden Augen auf derſelben Stelle zu ſeyn ſcheint, ſo kann die Seele nicht zween daraus machen f). Zur Beantwortung des Einwurfes, daß Gegenſtände doppelt erſcheinen, wenn ein Auge verdrehet iſt, führet er an, daß die Seele ſich in Abſicht auf die Lage des Auges irret, und ſich einbildet, das Auge habe ſich mit dem andern gleichförmig beweget, als in welchem Falle ihr Urtheil richtig geweſen ſeyn würde. Hier ſcheint er aber doch die Macht der Gewohnheit zu Hülfe zu nehmen, der er ſonſt nichts einräumen will.

Sonſt hält man dieſe zur Erklärung dieſer Erſcheinungen für hinlänglich. Urſprünglich iſt uns jede Sache, wegen der beyden Bilder, deren ſich eines in jedem

c) Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion, p. 146. (Käſtners Lehrbegr. S. 501.)

d) Nov. Comm. Petr. vol. 10. p. 290.

e) On the eye, vol. 2. p. 285.

f) Porterfield muß außer dieſem noch annehmen, daß wir ein Vermögen haben, von der Entfernung der Gegenſtände zu urtheilen, damit die Seele den Ort einer Sache in den Durchſchnitt der beyden Linien ſetzen möge, und nicht in verſchiedene Puncte. Aber unſere Urtheile von Entfernungen ſind ja ſehr ſchwankend. A.

Auge malt, doppelt vorgekommen; aber allmählig fanden wir, daß, wenn zwo übereinſtimmende Theile der Netzhaut gerühret wurden, der Gegenſtand nur einfach war. Werden aber dieſe übereinſtimmende Puncte geändert, als durch einen Schlag auf das Auge, ſo muß die Sache doppelt, wie anfangs erſcheinen. Dieſes ſcheint durch eine Nachricht beſtätiget zu werden, welche uns Cheſelden von einem Manne giebt, dem durch einen Schlag auf den Kopf das eine Auge verdrehet ward, und der deswegen alles doppelt ſah, bis daß allmählig die gewöhnlichſten Gegenſtände wieder einfach, und zuletzt alle und jede es ſchienen, ohne daß das verkehrte Auge ſeine gehörige Lage wieder erhielt *g*). Einen ähnlichen Fall erzählet Dr. Smith *h*).

Gegentheils iſt D. Reid der Meynung, daß die Uebereinſtimmung der Mittelpuncte beyder Augen, worauf das einfache Sehen beruhet, nicht von der Gewohnheit, ſondern von einer angebohrnen Einrichtung des Auges und der Seele herrühre. Er macht verſchiedene richtige Einwendungen gegen den Fall des Herrn Foſter, den Smith und andere anführen, und glaubet, daß der Fall des jungen Menſchen, dem von Cheſelden der Staar geſtochen ward, für ſeine Meynung faſt entſcheidend ſey. Ferner fand er, daß drey junge Herren, denen er das Schielen zu benehmen geſucht hatte, die Gegenſtände einfach ſahen, ſobald als ſie vermögend geworden waren, die Mittelpuncte beyder Augen auf denſelben Gegenſtand zu richten, ob ſie gleich von ihrer Kindheit an dieſes nicht zu thun gewohnt geweſen waren. Dabey führet er noch an, daß es Fälle giebt, in welchen, ſo ſehr man auch gewiß iſt, der Gegenſtand ſey nur einfach, er dennoch auf keine Weiſe einfach erſcheinen wird, als wenn man durch ein vielſeitiges Glas ihn anſieht *i*).

Helligkeit mit einem und beyden Augen.

Dr. Jurin hat uns durch folgende artige Verſuche beſtimmen gelehret, ob ein Gegenſtand mit beyden Augen geſehen, heller, als mit einem Auge allein ausſieht.

Er legte einen Streifen reines weißes Papier gerade vor ſich auf den Tiſch, und hielt die Seite eines Buches hart an ſeinen rechten Schlaf, ſo daß das Buch merklich vor ſeinem Geſichte hervorragete, und ſeinem rechten Auge die zur rechten liegende Hälfte des Papieres verdeckte, da die linke Hälfte des Papiers von beyden Augen ohne Hinderniß geſehen werden konnte. Nun ſahe er mit beyden Augen das Papier an, und bemerkte, daß es von oben herunter mit einem dunkeln Striche getheilet war, und daß die mit einem Auge nur geſehene Hälfte rechter Hand dieſes Striches merklich dunkler ausſah, als die mit beyden Augen geſehene linke Hälfte. Darauf hielt er das Buch auch an den linken Schlaf, und verſicherte ſich

g) Porterfield on the eye, vol. 2. p. 315. (Smiths Optik, d. d. A. S. 45.)

h) Opticks, Remarks, p. 31. (d. d. Ausg. S. 397.)

i) Inquiry, p. 267. (Der Staar an dem einem Auge ward dem Cheſeldenſchen Blinden ſpäter als der an dem andern Auge geſtochen. Das zweyte Auge iſt alſo gleichſam bey dem erſten in die Lehre gegangen, und hat ſich nach deſſen Urtheilen gerichtet. B.)

ſich aus dem Erfolge des Verſuches, daß ſeine beyde Augen von gleicher Güte waren.

Darauf verſuchte er herauszubringen, wie viel die Helligkeit des einen Theils größer als die des andern wäre, und ließ zu dem Ende die Hälfte des Papieres, welche er mit beyden Augen betrachtete, von einem einzigen Lichte, diejenige Hälfte aber, welche er mit einem Auge ſahe, von zwo Lichtern erleuchtet werden, in der Erwartung, es würden ihm beyde Hälften gleich helle ausſehen; fand ſich aber betrogen, weil die letztere Hälfte ihm viel weißer und heller ſchien. Alſo zeiget ſich eine Sache beyden Augen nicht noch einmal ſo helle, als einem allein. Nach mehreren Verſuchen, in welchen er das Verhältniß der Erleuchtung immer kleiner machte, fand er, daß ein Papier, welches von einem 3 Fuß entfernten Lichte erleuchtet war, und ein anderes Papier, welches ſowohl von dieſem Lichte in eben der Entfernung und noch dazu von einem 11 Fuß entfernten Licht beſchienen wurde, jenes mit beyden Augen zugleich, und dieſes mit einem allein betrachtet, gleich helle ſchienen; daß alſo ein Gegenſtand mit beyden Augen geſehen um ein Dreyzehntheil heller ausſieht als mit einem Auge allein. Es hält aber, wie er ſelbſt eingeſteht, ſchwer, mit Genauigkeit den Verſuch zu machen *k*).

Er unterſuchte auch, ob ein Gegenſtand mit beyden Augen zugleich größer als mit einem allein ausſieht; fand aber, daß er es nicht thut, es ſey denn unter beſondern Umſtänden, als bey dem Gebrauche eines Binoculartelesſkops und eines Hohlſpiegels *l*).

Du Tour behauptet, daß die Seele jedesmal nicht mehr als das eine Bild in einem Auge beobachtet, und bringt zur Beſtätigung ſeiner Meynung verſchiedene beſondere Verſuche vor. Es widerleget ſich aber dieſe Meynung, ſo künſtlich die Beweiſe derſelben auch ſeyn mögen, hinlänglich dadurch, daß wir mit beyden Augen deutlicher als mit einem ſehen, und daß wir von einer runden Sache in jenem Falle mehr als in dieſem erblicken, anderer Erfahrungen zu geſchweigen, welche du Tours Meynung offenbar zuwider ſind *m*). Weil inzwiſchen in ſeinen Verſuchen etwas iſt, das einigen der Aufmerkſamkeit werth ſcheinen möchte, ſo will ich ein paar der vornehmſten vom ihnen anführen. Auf einer Seite eines Stückes Pappe leimte er einen Kreis von blauen Taffend, einen Zoll groß, und auf der andern Seite gerade gegen über, einen Kreis von gelben Taffend, von eben derſelben Größe. Die Pappe hielt er ſenkrecht vor ſeiner Naſe, ſo daß er mit dem rechten Auge bloß den blauen Kreis, und mit dem linken allein den gelben ſehen konnte. In dieſer Lage, beyde Augen offen, ſchien ihm das Stück Taffend nie grün, wie es hätte ausſehen müſſen, wenn ſich die beyden Farben mit einander vermiſchet hätten, ſondern entweder blau oder gelb, nachdem der Eindruck von dieſer oder jener Farbe in ſeinem Auge am lebhafteſten war. Bisweilen ſchien der Kreis halb blau, halb gelb, vermuthlich weil ein Theil des Kreiſes gegen das eine ſeiner Augen bequemer

Ob man immer nur mit einem Auge ſehe.

k) Smiths Opticks, Remarks, p. 107. (d. d. A. S. 479.)

l) Ibid. p. 109.

m) Mem. de Par. 1743. p. 334.

lag als gegen das andere. Hieraus folgerte er, daß die Seele nicht zugleich von den beyden übereinſtimmenden Puncten zweyer Bilder eine Empfindung hat n).

Weil dieſer Verſuch eine etwas unangenehme Stellung der Augen erfodert, ſo trägt dieſer Gelehrte in einem folgenden Aufſatze eine andere leichtere Art vor. Er nahm zwo Scheiben Glas, einen Zoll im Durchmeſſer, wovon eine blau, die andere gelb war, und durch welche zuſammen die Gegenſtände grün ausſahen. Dieſe Gläſer befeſtigte er jedes in einer pappenen, inwendig angeſchwärzeten, drey oder vier Zoll langen Röhre, und hielt eine derſelben vor ſein rechtes, die andere vor ſein linkes Auge, worauf er durch ſie nach einem weißen, vier bis fünf Fuß entlegenen Papiere hinſah. Dieſes ſchien immer entweder blau oder gelb, niemals aber grün. Er führet auch an, daß, wenn man ein Prisma ſenkrecht bloß vor dem einen Auge hält, und mit beyden Augen nach einer Sache hinſieht, die Farben des gebrochenen Lichtes, welche auf das eine Auge fallen, ſich mit dem ungebrochenen Lichte, welches das andere Auge bekömmt, nie vermiſchen, ſondern daß die Gegenſtände ſo ausſehen, wie ſie mit einem Auge allein betrachtet, ausſehen würden. Bisweilen ſähe man zwar den Gegenſtand vermittelſt gebrochenen und ungebrochenen Lichtes zugleich, es entſtünde daraus aber keine Miſchung der Farben o)

Endlich führet er noch in einem Anhange zu einem andern Aufſatze einen ganz leichten Verſuch an, der ſeine Meynung entſcheidend bekräftigen ſoll. Er iſt dieſer: zwey runde Löcher, 12 bis 15 Linien im Durchmeſſer, werden 4 bis 5 Linien von einander, in einem Blatte ſchwarzes Papieres p) gemachet, und das eine mit einer rothen Einfaſſung, das andere mit einer weißen verſehen; mit dieſem Blatte ſtellet ſich jemand 4 bis 5 Fuß von einem Gegenſtande von mittlerer Größe, und hält es ſo, daß dieſer dem einem Auge in der Mitte des rothen, dem andern in der Mitte des weißen erſcheint. Alsdenn wird er in beyden Kreiſen niemals zugleich erſcheinen, wenn gleich beyde ſehr kenntlich ſind; auch wird er nicht hinter dem Zwiſchenraume, der ſie abſondert, ſich verbergen; ſondern er wird allemal bloß in der Mitte eines Kreiſes allein ſich erblicken laſſen q).

Wirkung der Sehenerven auf einander.

Was das einfache Sehen mit beyden Augen betrifft, erinnert Dr. Hartley als merkwürdig, daß die Sehenerven am Menſchen und an denen Thieren, die mit beyden Augen nach derſelben Richtung hinſehen, in der ſella turcica, in einem Nervenknoten (ganglior) oder gleichſam einem kleinen, ihnen beſonders zugegebenen, Gehirne ſich vereinigen, und daß dieſerhalb die Vergeſellſchaftung gleichzeitiger Eindrücke

n) Memoires preſentés, vol. 3. p. 514. (Daraus, daß man in gewiſſen Fällen nur ein Auge gebrauchet, folget nicht, daß man immer nur eines gebrauchet. Wir mögen in mehrern Fällen, wenn wir etwas recht ſorgfältig von einer gewiſſen Seite beobachten, wenn wir Bilder in Hohl- oder Converſpiegeln betrachten, uns nur eines Auges bedienen. Wenn die Augen von ungleicher Güte ſind, ſo gebrauchet man vorzüglich das beſte, wie ich ſelbſt häufig thue. Vergl. Hall. Phyſ. T. 5. p. 481. K.)

o) Mem. preſentés, vol. 4. p. 499.

p) Im Original, weißes. K.

q) Mem. preſentés, vol. 5. p. 677.

drücke auf jeder Netzhaut desto eher und inniger bewirket werde; weswegen auch die Sehenerven weit mehr auf einander gegenseitig wirken, als es sonst in irgend einem andern Theile des Körpers geschieht. Solchergestalt mag ein Eindruck, der von einem einfachen Gegenstande in einem Auge allein gemachet ist, sich in das linke fortpflanzen, und daselbst ein fast eben so deutliches Bild, als in jenem ist, erwecken, so daß wir, wenn wir bloß mit einem Auge sehen, doch in jedem Auge ein Bild haben r).

Verschiedenheit bey dem Gebrauche eines und beyder Augen.

Einen besondern Gesichtsbetrug, der von dem Gebrauche beyder Augen entsteht, beobachtete Dr. Smith, und erklärete auch die Ursache davon. Es ist bekannt, saget er, daß man mit beyden Augen die Sachen heller und lebhafter sieht, als mit einem Auge, besonders wenn beyde gleich gut sind, wie jeder, der nicht kurzsichtig ist, sich leicht überzeugen kann, wenn er nach ziemlich entlegenen Gegenständen aufmerksam, erstlich mit einem Auge, und dann mit beyden hinsieht. Diese Bemerkung gab zu der Erfindung des Binoculartelescops Gelegenheit, bey dessen Gebrauch der Unterschied sich noch weit deutlicher zeiget. Außerdem aber giebt diese Art von Fernrohr zu einer sonderbaren Bemerkung Gelegenheit. In jedes Fernrohres Brennpuncte ist gewöhnlichermaßen ein Ring, in einem so groß als in dem andern, die Bilder, die daselbst entstehen, zu begränzen. Betrachtet man diese Ringe, jeden allein mit einem Auge, so scheinen sie, wegen der gleichen Augengläser, gleich groß und gleich weit vom Auge; allein mit beyden Augen zugleich, erscheinen sie größer und weiter entfernet, so wie auch die Gegenstände, die man durch sie sieht, alsdenn größer aussehen, ob sie gleich durch dieselben Ringe, wie vorhin, da man sie einzeln sah, begränzet werden.

Sonderbarer Gesichtsbetrug.

Als er diese sonderbare Erscheinung zu erklären suchte, bemerkte er eine noch seltsamere. Er hielt, mit ausgestrecktem Arme, einen Zirkel, dessen Spitzen er etwas von einander gemachet hatte, als die Entfernung seiner Augen von einander betrug, mit dem Kopfe in der Hand, die Spitzen hinauswärts, in gleicher Entfernung von seinen Augen, und ein wenig höher als den Kopf des Zirkels. Darauf richtete er seine Augen auf einen entfernten Gegenstand, der in der Linie lag, welche den Zwischenraum der Spitzen halbirete, und nahm zuerst zween Zirkel wahr, indem jeder Schenkel sich verdoppelt hatte, wovon die beyden innern einander kreuzten. So wie er aber mit seiner Hand die beyden Schenkel zusammen drückte, kamen die beyden Spitzen innern einander näher, und, so wie sie zusammenstießen, fielen die beyden innern Schenkel auch in eins, und halbirten den Winkel der beyden äußern, erschienen dabey lebhafter, dicker und länger, so daß sie von seiner Hand nach dem entferntesten Gegenstande, den er nur im Gesichte haben mochte, ja nach dem Horizonte selbst sich erstreckten. Diese Erscheinung blieb unverändert, nach welchen Gegenständen zur Seite er seine Augen richtete, und verschwand nicht, unter welchem

r) Hartley's Observation on Man. vol. 1. p. 207. (Die letzten Worte des Absatzes werden heißen sollen: doch in dem andern die mit einem Bilde vergesellschaftete Empfindung haben. K.)

chem Winkel er auch die Ebene der Schenkel gegen den Horizont neigete, oder auf welche andere Art, als gerade zu, er ſie anſehen mochte. Eben dieſes erfolgte, wenn zween gleiche Schnitte von Kork oder ſonſt zwo gleiche Flächen auf die Spitzen des Zirkels geſtecket wurden. In der fig. 113. ſind a, b die Spitzen des Zirkels, c der Kopf, d, e, die Augen des Beobachters, cf der ſcheinbare Schenkel, welcher den Winkel acb halbiret.

fig. 113.

Dieſe Erſcheinung erkläret er auf folgende Art. Wenn man die Augen, d, e, wechſelsweiſe verſchließt, ſo wird man finden, daß die Puncte d, a, f in einer geraden Linie, und die Puncte e, b, f, in einer andern ſind, daß alſo die Puncte a und b ſich deswegen bey dem Gegenſtande f zu vereinigen ſcheinen, weil ihre Bilder auf dieſelben Puncte der Netzhaut mit dem Gegenſtande f fallen. Eben darum wird auch der ſcheinbare Vereinigungspunct der beyden Schenkel, wenn das Auge, während daß die Schenkel des Zirkels allmählig zuſammen gedrücket werden, beſtändig darauf gerichtet erhalten wird, ſich allmählig zu nähern ſcheinen; woraus auch erhellet, warum zween Puncte der Schenkel, als g und h, die von den äußerſten gleich weit abſtehen, dem Auge deſto näher zu ſeyn ſcheinen, je näher ſie nach dem Kopfe des Zirkels hin liegen [s]).

Aehnliche Erſcheinung.

Dr. Jurin hielt einſt ein Buch, welches von einer Lichtflamme erleuchtet ward, ziemlich nahe an ſein Auge, und richtete dabey ſeine Augen nach der darüber jenſeits liegenden Decke des Zimmers hin, wovon er einen Theil mit einem Auge, einen Theil mit dem andern, und einen Theil mit beyden Augen ſehen konnte. Indem er ſich an den verſchiedenen Schatten, welche ſie bildeten, vergnügete, ſahe er mit Bewunderung den mittlern und dunkelſten Theil des Schattens in Geſtalt einer Pyramide ſich von ſelbſt nach jedem Gegenſtande, worauf er ſeine Augen richtete, erſtrecken. Er beſchreibt dieſe Erſcheinung umſtändlich, und ſuchet ſie zu erklären. Sie ſcheint mit der vom Dr. Smith beobachteten, die ſo eben angeführet iſt, einige Aehnlichkeit zu haben [t]).

Vergrößertes Geſichtsfeld mit einem Auge.

Ein beſonderes Ereigniß, in welchem ſich die Wirkung des einen Auges auf das andere zeiget, erzählet Hr. Aepinus. Als er durch ein Loch in einer metallenen Platte, welches etwa $\frac{1}{10}$ Linie groß war, mit ſeinem linken Auge ſah, ſo ſchien ſowohl das Loch ſelbſt größer, als auch das Geſichtsfeld weiter, wenn er ſein rechtes Auge geſchloſſen erhielt, noch mehr aber, wenn er es mit der Hand bedeckete. Er fand viele Schwierigkeit, die Vergrößerung des ſcheinbaren Durchmeſſers des Loches und des Geſichtsfeldes zu meſſen. Endlich aber fand er, daß bey einer einen halben Zoll weiten Oeffnung, da die Tafel, nach welcher er ſah, 3 Fuß von ſeinem Auge entfernet war, der Durchmeſſer des Geſichtsfeldes anderthalbmal größer ward, wenn er ein Auge verſchloß, als wenn er beyde offen hatte, und zweymal größer, wenn er ſeine Hand auf dem Auge hielt.

Dieſe

s) Smith's Opticks, vol. 2. p. 387. (d. b. A. E. 345. Ich habe den Verſuch auf keine Weiſe nachmachen können, wovon die Schuld vermuthlich an meinen Augen liegen wird. R.)

t) Smith's Opticks, Remarks, p. 100.

Dieſe Erſcheinung erklärete er daher, daß die Oeffnung des einen Auges ſich erweitert, wenn das andere geſchloſſen iſt, wiewohl er den phyſiſchen oder anatomiſchen Grund hievon anzugeben ſich nicht getrauete. Er ſieht es als eine weiſe Einrichtung der Vorſehung an, damit, wenn ein Auge abgeht, das Geſichtsfeld des andern erweitert werde. Daß dieſe Erweiterung noch merklicher wird, wenn das eine Auge mit der Hand zugehalten wird, rühret, ſeiner Meynung nach, daher, daß die Augenlieder nicht ganz undurchſichtig ſind *). Allein die Erweiterung der Augenöffnung vergrößert das Geſichtsfeld nicht, als in dem Falle, wenn man durch ein Loch ſieht, und folglich können Einäugige daher keinen Vortheil genießen. Wir ſollten, ehe wir die Weisheit der Vorſehung in irgend einer Einrichtung in der Natur erheben, ſicher ſeyn, daß wir uns in Abſicht auf die Wirkungen dieſer Einrichtung nicht irren.

Gaſſendi, le Clerc, Muſſchenbroek und du Tour haben über die Frage, wohin man den Ort eines mit beyden Augen oder mit einem geſehenen Gegenſtandes ſetze, vieles geſagt. Ich halte es aber nicht für wichtig genug, um es hier beyzubringen. Ein jeder kann ſich hierüber ſelbſt leicht unterrichten, wenn er entweder ſeinen Finger vor die Augen hält, und zugleich darauf und auf einen entlegnern Gegenſtand ſieht, oder auch durch Zeichnungen, da man Linien, welche die Sehearе vorſtellen, in verſchiedenen Entfernungen vom Auge ſich kreuzen läßt. Was über dieſe Sache geſchrieben iſt, findet man in einem Aufſatze vom du Tour, in den Memoires preſentés, vol. 3. p. 514 *).

Fünftes

*) Noui Comm. Petr. vol. 7. p. 303.

x) Ich finde noch eine Schwierigkeit darinn, daß eine Sache, welche auf der Linie liegt, die den Winkel der nach einer andern Sache gerichteten Augenaxe halbiret, nicht doppelt erſcheint, da man ſie doch, der Richtung der Geſichtslinien zufolge, mit dem einem Auge rechter Hand der andern Sache, und mit dem zweyten Auge linker Hand dieſer Sache hin referiren müßte. Eine kleine nahe Sache müßte eine entfernte nicht verdecken können, wenn von dieſer neben jener vorbey Strahlen vorbeygehen können. Zween Puncte, die jeder auf einer der nach einem dritten Puncte gerichteten Augenaxen liegen, müßten hingegen wie ein einziger erſcheinen. Doch fällt mir, indem ich dieſes ſchreibe, die vermuthlich richtige Erklärung dieſer Schwierigkeit ein. Die Augenaxen ſind nie ſo ſteif nach einem Gegenſtande hin gerichtet, wie ſie auf dem Papiere abgezeichnet werden. Die Seele richtet ſie mit großer Geſchwindigkeit, oft ſich ſelbſt unbewußt, bald auf dieſen bald auf jenen Punct, und findet alſo, wie ſie ihr Urtheil von der Anzahl ihrer Empfindungen abzufaſſen habe. Sie läßt ſich nicht irre machen, wenn das Bild einer einzigen Sache auf nicht übereinſtimmende Puncte in den beyden Augen fällt, zu einer Zeit, da ſie die Augen vielleicht unbeweglich auf eine hinter oder vor jener gelegene Sache richtet; oder wenn alsdenn zweener verſchiedener Puncte Bilder in die Seheaxen fallen.

Das bisherige geht den Fall an, wenn man ſich gewöhnet hat, die Augenaxe ſo zu richten, daß die Puncte, welche auf der ihren Winkel halbirenden Linie liegen, ſich einander verdecken. Ein anderes iſt, wenn man ſich gewöhnet hat, die ſich verdeckenden Puncte auf der Seheaxe des einen Auges zu ſtellen, in welchem Falle man wirklich nur mit dieſem einen Auge ſieht. So geht es mir, der ich mit beyden Augen und mit dem rechten allein zween ſich verdeckende Gegenſtände beydemal unverrücket erblicke; wo-

Fünftes Kapitel.

Vom deutlichen und undeutlichen Sehen.

Die Lehre vom deutlichen und undeutlichen Sehen hat niemand so sorgfältig untersuchet, und so gut in allen Stücken erläutert, als Dr. Jurin in einer am Ende der Smithischen Optik befindlichen Abhandlung [a]).

Eine geringe Zerstreuung der Strahlen auf dem Netze schadet nicht.

Er zeiget, daß man Gegenstände hinlänglich deutlich sehen kann, wenn gleich die Strahlenkegel, die von den einzelnen Puncten derselben herkommen, nicht nach einzelnen Puncten auf der Netzhaut hin gebrochen werden. Alsdenn aber werde das Bild eines jeden Punctes, weil die Strahlen von demselben sich entweder schon vor der Netzhaut vereinigen, oder nach einem Puncte hinter derselben zufahren, nothwendig einen kreisförmigen Raum auf der Netzhaut einnehmen, und folglich größer seyn, als es zum vollkommen deutlich Sehen eigentlich seyn sollte. Darum wird eine jede Sache, die zu weit oder zu nahe ist, um vollkommen deutlich gesehen zu werden, größer als sie wirklich ist, erscheinen, weil aus allen den kleinen kreisförmigen Räumen, welche die Strahlenkegel von dem Umfange der Sache auf der Netzhaut einnehmen, ein Lichtrand um ihr Bild entsteht.

Vergrößert helle Sachen.

Darum sieht an dem drey- oder viertägigen Monde der erleuchtete Theil verglichen mit dem dunkeln zu breit aus. Sein Bild nimmt auf beyden Seiten einen größern Raum ein, als es beym völlig deutlichen Sehen einnehmen würde, wobey der dunkle Theil noch um den Lichtrand der innern Seite des hellen vermindert wird. Aus eben dem Grunde erscheint auch bey einer Sonnen- oder Mondfinsterniß der helle Theil gegen den dunkeln zu breit. Daß aber diese Erscheinungen von der hier angegebenen Ursache, und nicht, wie man wohl behauptet hat, daher entstehen, daß eine helle Sache die Netzhaut in einem größern Raume rühret, als es eine dunkle thut, erweist unser Verfasser durch folgenden Versuch [b]). Man zeichne in einen Kreis eine Sichel, wie der drey- oder viertägige Mond vorstellet, und lasse solche weiß, das übrige, das den dunkeln Theil des Mondes vorstellen soll, mache man schwarz; oder man mache eine Scheibe halb weiß, halb schwarz; so wird dergleichen Figur in der gehörigen Entfernung für das vollkommene Sehen das richtige Verhältniß ihrer Theile zeigen; aber wenn man sie zu nahe vor sich hat, wird

von der nächste, sobald ich das rechte Auge schließe, nach der rechten Hand hin einen Sprung thut. Oder ich halte eine Sache vor dem rechten Auge, schließe dieses, daß ich sie bloß mit dem linken sehe, öffne denn das rechte, und thue das linke zu, so thut die Sache einen Sprung zur linken hin. Diese letztere Wahrnehmung führet Hr. v. Haller von seinen eigenen Augen auch an. Phys. T. 5. p. 482. Ein berühmter Mathematiker meldet mir von seinen Augen dasselbe, nur daß er das linke allein brauchet, als mit welchem er besser in die Ferne sieht. K.

a) Sie ist auch der deutschen Ausgabe, etwas zusammengezogen, angehängt. Man vergleiche noch mit derselben Hrn. Lamberts Photometrie S. 490 ff. K.

b) Die Empfindung einer vom Lichte gerührten Stelle der Netzhaut pflanzet sich allerdings rings um diese Stelle herum fort. S. Lambert a. a. O. S. 495. K.

wird der helle Theil in den dunkeln hineinzugehen, und ſich auch auswärts über ihn zu erſtrecken ſcheinen, und eben das wird ſich zeigen, wenn ein Kurzſichtiger ſie zu weit von ſich entfernet, oder ein Weitſichtiger ſie durch ein erhobenes Glas betrachtet. Am beſten geräth der Verſuch, wenn der ganze Kreis aus weißem Papiere ausgeſchnitten, der dunkle Theil mit Dinte geſchwärzet, und das Papier auf einen dunkeln Grund geleget wird.

Die andern Planeten, welche weit kleiner als der Mond ausſehen, erſcheinen, nach Jurins Bemerkung, mätter, aber viel größer beym undeutlichen als beym deutlichen Sehen, und ihre Durchmeſſer werden in einem viel ſtärkern Verhältniſſe, als des Mondes ſeiner vergrößert. Hieraus laſſen ſich die radii aduentitii erklären, die, wie Horrox ſaget, alle Aſtronomen vor ihm verleitet haben, die ſcheinbaren Durchmeſſer der Planeten neun- bis zehnmal zu groß zu machen.

Wegen dieſer Luftränder, die von der Ausbreitung der Lichtkegel von entfernten Gegenſtänden auf der Netzhaut entſtehen, müſſen zween Sterne näher bey einander zu ſtehen ſcheinen, als ſie wirklich ſind, und zween ſehr nahe Sterne werden nur einen einzigen auszumachen ſcheinen müſſen, der aber heller als jeder für ſich allein iſt; weil ein Theil ihrer matten Bilder in eins fällt, und da, wo dies geſchieht, faſt zweymal ſo viel Licht als in den übrigen Theilen vorhanden ſeyn wird. ſo daß ſie zuſammen das Anſehen eines hellern, in der Mitte des von ihren Bildern eingenommenen Raumes befindlichen, Sternes haben. Eben daher kann auch ein Stern, wenn er ſehr nahe an den Rand eines Planeten kömmt, innerhalb des Planeten ſelbſt zu ſtehen ſcheinen, gleich als wenn dieſer durchſichtig wäre, und der Stern durch ihn geſehen würde. Ein Stern kann auch, wenn man ihn mit einem Teleſkope beobachtet, in die Mondsſcheibe zu treten ſcheinen, wenn dieſes nicht recht gut iſt, oder das Auge des Beobachters nicht genau zum vollkommenen Sehen eingerichtet iſt [c]). Nähert Sterne einander.

Größere Gegenſtände ſehen noch ziemlich deutlich in einer Entfernung aus, in welcher kleinere Gegenſtände ſchon ſehr undeutlich ſind, weil jener ihre Luftränder nicht ſo ſehr in einander laufen. Darum kann man große Schrift viel näher beym Auge leſen als eine kleine, weil bey jener die Buchſtaben weiter von einander ſtehen, und ihre Lichtränder nicht ſo nahe in einander treten [d]).

Dieſen Bemerkungen des Dr. Jurin über die Lichtränder muß ich noch beyfügen, erſtlich, was er ſelbſt noch in der Folge anführet, daß das zerſtreuete Licht nicht von gleicher Dichte iſt; und zweytens, was Hr. Robins, unter ſeinen zwar ſtrengen aber doch gegründeten Anmerkungen über Jurins Verſuch erinnert, daß der Zerſtreuungskreis der Weite der Oeffnung des Auges, nach welcher ſich die Grundfläche des Lichtkegels einſchränken muß, proportional iſt [e]).

Die kleinſte Entfernung zum vollkommenen Sehen, oder diejenige, bey welcher ſich die von einem Puncte ausfahrende Strahlen wieder in einen phyſiſchen Gränzen des deutlichen Sehens.

c) Eſſay, p. 125.
d) Ibid. p. 133.
e) Robin's remarks, p. 279. (Vergl. Lambert a. a. O. S. 494.)

Punct auf der Netzhaut vereinigen, setzet Dr. **Jurin**, aus vielen Beobachtungen, insgemein auf 5, 6 oder 7 Zoll. Die gröſseste Entfernung für das deutliche Sehen zu bestimmen, ward ihm schwerer; inzwischen setzet er sie, vermittelst einer Berechnung, die er auf die Figur der brechenden Flächen im Auge und auf die Gröſse der Brechungskräfte der Feuchtigkeiten in demselben gründet, nebst Zuziehung der Entfernung, in welcher sich zween Sterne, deren Lage gegen einander bekannt ist, noch unterscheiden lassen, in einigen Fällen auf 14 Fuß 5 Zoll, wiewohl Porterfield sie für sein eigen Auge nur zu 27 Zoll annimmt *f*). Woher dieser Unterschied der Angabe komme, und was sonst noch nothwendig hiebey in Betracht gezogen werden muß, wolle der Leser in der Anmerkung zum 2 Kapitel dieses Abschnittes nachsehen.

Mittel wider das undeutliche Sehen.

Dem undeutlichen Sehen wird, nach Jurins Meynung, auf zweyerley Art abgeholfen, entweder daß das Auge sein Vermögen, welches es hat, sich selbst zum Sehen auf verschiedene Entfernungen einzurichten, anwendet, oder daß die Oeffnung des Auges sich verengert, welches letztere hauptsächlich bey starkem Lichte gebrauchet wird, und bisweilen alle andere Hülfsmittel unnöthig machet. Bey einem schwachen Lichte zieht sich der Augenstern so wenig zusammen, daß er vielmehr sich erweitern muß, um mehr Licht hinein zu lassen *g*). Allein hingegen bemerket Dr. **Whytt**, daß bey gleicher oder gar geringerer Erleuchtung, der Augenstern sich zusammenziehen wird, um eine nähere oder kleinere Sache zu betrachten. Man lasse jemanden, saget er, mit dem Rücken gegen das Licht gewandt, zuerst eine lebhaft gefärbte Sache in einer Entfernung von 3 bis 4 Fuß betrachten, und hernach in einer Weite von einem Fuß eine dunkle Sache, so wird man sehen, daß bey der letztern der Augenstern sich merklich zusammenzieht, ungeachtet das Auge in diesem Falle weniger Licht zugeschickt bekömmt, als in dem ersten *h*).

Kleinster Sehewinkel.

In dem letzten Theile seiner Abhandlung untersuchet Dr. **Jurin** die Streitfrage zwischen Dr. **Hooke** und **Hevel** über den kleinsten empfindbaren Winkel. Dr. Hooke behauptete, daß kein Gegenstand wohl sichtbar wäre, wenn er unter einem kleinern Winkel als einer Minute ins Auge fällt, und ein Versuch vom **Smith** bestätiget dieses in dem Falle, da der Gegenstand ein runder schwarzer Flecken auf weißem Grunde, oder ein weißer auf schwarzem Grunde ist. Daraus berechnet letzterer, daß der Durchmesser des Bildes eines solchen kleinsten sichtbaren Punctes auf der Netzhaut der 8000ste Theil eines Zolles ist, und nennt daher ein solches Theilchen einen empfindlichen Punct auf der Netzhaut *i*). **Courtivron** hingegen folgert

f) Essay, p. 134. (Porterfield sahe bey den Versuchen, woraus er dieses bestimmte, durch einen schmalen Einschnitt in einer Platte. Es mag aber auf das Vermögen, das Auge nach verschiedenen Entfernungen zu richten, einen beträchtlichen Einfluß haben, wenn man das Auge nicht so frey wie gewöhnlich brauchen und die Entfernungen nicht schätzen kann. Ü.)

g) Essay, p. 145.

h) On vital and involuntary motions, p. 133.

i) Smith's Opticks, vol. 1. p. 31. (d. d. A. S. 29.)

folgert aus ſeinen Verſuchen, daß der kleinſte empfindbare Geſichtswinkel nur 40 Secunden beträgt k).

Dr. Jurin erinnert, daß es hiebey auch auf die Stärke des Lichtes ankomme, da man einen Stern, der durch ein Fernrohr bloß wie ein heller Punct erſcheint, und keinen Winkel von einer Secunde am Auge machet, ganz wohl ſieht, ungeachtet ein weißer oder ſchwarzer Flecken von 25 bis 30 Secunden nicht empfunden werden kann. Auch kann man einen Strich von gleicher Breite mit einem kreisrunden Tüpfelchen noch ſehen, wenn in eben der Entfernung das Tüpfelchen unempfindbar iſt, weil die Stärke des Eindruckes von jenem größer als von dieſem iſt, weswegen auch ein längerer Strich auf eine größere Weite ſichtbar bleibt, als ein kürzerer von eben derſelben Breite. Durch Erfahrung fand er, daß ein Silberdrath unter einem Geſichtswinkel von $3\frac{1}{2}$ Secunden, und ein ſeidener Faden unter einem von $2\frac{1}{2}$ Secunden noch geſehen werden konnte.

Daß ein Strich auf eine größere Weite ſichtbar iſt, als ein Tüpfelchen von derſelben Breite, dieſes ſcheint, ſo lange man innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens bleibt, bloß von der mehrern Stärke des Eindruckes von jenem herzurühren; allein außerhalb dieſer Gränzen, ſaget unſer Verfaſſer, kömmt noch ein Umſtand hinzu, der den Unterſchied der Empfindbarkeit ſehr vergrößert. Denn das matte Bild jedes Punctes des Striches fällt alsdenn zum Theil in das matte Bild des nächſten Punctes, und vermehret folglich deſſen Erleuchtung beträchtlich l).

Noch eine Urſache des undeutlichen Sehens.

In einigen Fällen liegt, wie unſer genauer Beobachter fand, die Urſache des undeutlichen Sehens in der Unſtandhaftigkeit des Auges. Wir ſind z. E. wohl im Stande, einen einzelnen ſchwarzen Strich auf weißem Grunde, oder einen einzelnen weißen Strich, auf ſchwarzem Grunde, aber nicht einen weißen Strich zwiſchen zwo ſchwarzen auf weißem Grunde zu erkennen. Denn wenn in den beyden erſten Fällen das Auge ſich ein ganz weniges beweget, ſo wird daraus nichts anders entſtehen, als daß das Bild des Gegenſtandes auf einen andern Theil der Netzhaut fällt; wohin es aber auch fällt, wird nur ein einziges, mit keinem andern vermiſchtes Bild vorhanden ſeyn. Betrachtet man aber den weißen Raum zwiſchen zwo parallelen Strichen, ſo wird bey einer noch ſo kleinen Bewegung des Auges, das Bild des einen oder des andern dieſer Striche auf die Stelle der Netzhaut rücken, auf welcher vorher das Bild des weißen Striches lag; folglich wird dies eine ſolche Verwirrung im Sehen verurſachen, daß der weiße Strich nicht deutlich erkannt, und von den ſchwarzen unterſchieden wird, indem dieſe wechſelsweiſe die Stelle des Bildes des weißen Striches einnehmen, woraus der Anſchein eines einzigen breiten ſchwarzen Striches entſteht, ohne daß man einen weißen Zwiſchenraum wahrnehmen könnte m).

k) Hiſt. de l'Ac. de Par. 1752, p. 200.

l) Eſſay, p. 149.

m) Die Bewegung des Auges machet, daß eine Stelle der Netzhaut den Eindruck eines Bildes bekömmt, wenn noch der Eindruck von dem den Augenblick vorher darauf geweſenen dauert. Lambert a. ang. O. S. 496. A.

Da er eben diesen Versuch mit zwo Stecknadeln machte, deren Dicke er gemessen hatte, und die er in einem Fenster, gegen das Tageslicht, aufstellete, so weit von einanderr, als die Breite einer von ihnen betrug, so fand er, daß der Zwischenraum beyder sich nicht wohl mehr erkennen ließ, wenn er unter einem kleinern Winkel als 40 Sec. ins Auge fiel, wiewohl jede der beyden Stecknadeln allein unter einem viel kleinern Winkel noch zu erkennen war. Hieraus aber folget nicht, daß das Auge einem Fehler von 40 Sec. bey Schätzung der Weite zwoer Stifte unterworfen sey, wenn sie viel weiter von einander stehen. Denn wenn ihre Entfernung eine Minute beträgt, und jeder am Auge den wohl erkenntlichen Winkel von 4 Sec. machet, so kann das Auge die Stelle jedes Stiftes höchstens auf zwo Secunden, und also den Winkel zwischen beyden Stiften höchstens auf 4 Sec. irrig schätzen, woferne sonst das Werkzeug genau genug ist. Und doch gründete sich auf einen solchen Fehlschluß Hookes vornehmster Einwurf gegen die Richtigkeit der heveliſchen Beobachtungen.

Ein schwarzes Tüpfelchen auf weißem Grunde, oder ein weißes auf schwarzem Grunde, läßt sich gewöhnlich nicht wohl mehr erkennen, wenn es einen kleinern Winkel als den von einer Minute am Auge machet. Machet man auf einem weißen Papiere zwey schwarze Tüpfelchen so weit von einander, als die Breite des einen beträget, so läßt sich dieser Zwischenraum, selbst innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens, nicht erkennen, wenn der Gesichtswinkel so klein ist, als derjenige, unter welchem ein einzelnes Tüpfelchen von derselben Größe sich noch erkennen läßt. Er muß größer als eine Minute seyn. Genaue Versuche lassen sich hierüber, innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens, nicht anstellen, weil die Gegenstände gar zu klein seyn müßten: aus groben Versuchen, die er mit viereckigten Stücken weißes Papiers auf schwarzem Grunde, machte, erhellete inzwischen so viel, daß der kleinste Winkel, unter welchem der Zwischenraum der beyden Gegenstände zu erkennen steht, wenigstens um den vierten Theil größer ist, als der kleinste Winkel, unter welchem die Gegenstände, jeder einzeln, zu empfinden wären. Ein Auge, das eine einzelne Sache unter keinem kleinern Winkel, als einer Minute erkennen kann, wird den Zwischenraum zwo solcher Sachen nicht erkennen können, wenn er weniger als 75 Sec. beträgt.

Außerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens wird die Entfernung, auf welche eine einzelne Sache empfindbar bleibt, viel größer gegen diejenige werden, in welcher ein gleich großer Zwischenraum zwoer solcher Sachen erkennbar ist. Denn alsdenn werden die Zerstreuungsräume zwoer naher Sachen in den Raum zwischen ihnen einrücken, und diesen undeutlich machen; aber einer einzelnen Sache Bild wird durch den Zerstreuungsraum größer werden, und die Sache daher erkenntlicher machen, wenn es anders nicht zu matt ist [n]).

Aus diesen Gründen erkläret er auch das Blinkern der Sterne, wodurch ihr Licht nach verschiedenen Gegenden hin zu gleicher Zeit zu schießen scheint [o]).

Tobias

n) Essay, p. 151. o) Essay, p. 159.

Tobias Mayer machte verſchiedene Verſuche, den kleinſten Sehewinkel unter allerhand Umſtänden zu beſtimmen. Zuerſt beobachtete er die Entfernung, in welcher ein ſchwarzer Flecken auf ſehr weißem Papiere unkenntlich zu werden anfieng, und ſchloß, aus mehrern Verſuchen ein Mittel genommen, daß der kleinſte Sehewinkel 4 Secunden beträgt. Schwarze Striche mit Zwiſchenräumen von größerer Breite als ſie ſelbſt hatten, waren auf größere Weiten kenntlich, als wenn die Zwiſchenräume ſo breit als die Striche ſelbſt waren. Uebrigens blieb der kleinſte Sehewinkel einerley, er mochte die Sachen an einem ſchattichten Orte oder in dem ſtärkſten Sonnenlichte betrachten. Wenn aber die Erleuchtung ſchwach war, ſo ereignete ſich zwar mehrere Ungleichheit an den Sehewinkeln, aber doch lange nicht nach dem Verhältniſſe der Erleuchtungen. Denn wenn eine Sache bey einem gewiſſen Grade von Erleuchtung in einer Entfernung von 9 Fuß unkenntlich ward, ſo konnte eben dieſe Sache, bey einer 169 mal kleinern Erleuchtung in einer Entfernung von 1 Fuß eben ſo gut geſehen werden. Aus ſeinen Verſuchen folgerte er, daß das gewöhnliche Tageslicht insgemein ſo viel erleuchtet, als 25 Lichter in der Entfernung eines Fußes von der Sache p). Mayers Verſuche über den kleinſten Sehewinkel.

Einen gewiſſen Fall des undeutlichen Sehens zu erklären, machet Dr. Jurin eine, wiewohl unglückliche, Anwendung der Newtonianiſchen Hypotheſe von den Anwandlungen des leichtern Durch- und Zurückgehens. De la Hire hatte zuerſt den Verſuch gemacht, den unſer Verfaſſer auf folgende beſſere Art vornahm. Man halte ein Paralleliineal, nicht weit geöffnet, gerade vor das Auge, ſo daß man das Tageslicht dadurch ſehen kann, ſo wird der Zwiſchenraum in der kleinſten Entfernung zum deutlichen Sehen, wie ein einziger heller Strich ſich zeigen. Bringt man aber das Parallellineal näher ans Auge, ſo wird der Zwiſchenraum doppelt, wie zwo helle Striche mit einem dunkeln dazwiſchen erſcheinen, und mit Veränderung der Oeffnung oder der Entfernung wird man nicht allein mehrere helle und dunkele Striche eins um das andere, ſondern ſo viel wahrnehmen, daß man ſie nicht zählen kann, beſonders wenn man durch die Oeffnung nach einer Lichtflamme ſieht. Eben die Erſcheinungen kann man auch für allzugroße Entfernungen haben, wenn das Parallellineal in ein Fenſter geſtellet, und gegen das Tageslicht, vom Kurzſichtigen mit bloßen Augen, vom Weitſichtigen durch ein erhaltenes Glas betrachtet wird q). Undeutliche Erſcheinung des Lichts durch eine ſchmale Oeffnung.

Dieſes Ereigniß, und andere demſelben ähnliche, welche Jurin noch anführet, erkläret Robins daher, daß der Theil des Auges, welcher bey der Bemühung, auſſerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens, Deutlichkeit zu erhalten, nach dieſer oder jener Seite hin ſehr geſpannet iſt, runzelicht oder ungleich auf ſeiner Oberfläche wird r). Wenn Jurins Erklärung des Verſuches mit dem Parallellineale richtig wäre, ſo würde, ſaget er, folgen, daß die Sterne nicht mit Lichtſpitzen, ſondern

p) Comm. Gotting. vol. 4. p. 97. (Mayer folgerte das zuletzt angeführte aus einer durch die Erfahrung beſtätigten Vorausſetzung, daß der kleinſte Sehewinkel ſich wie die Cubicwurzel aus den Entfernungen des Lichtes von der Sache verhalte. K.)

q) Eſſay, p. 156.

r) Robins tracts, vol. 2. p. 280.

ſondern mit concentriſchen Lichtkreiſen umgeben zu ſeyn ſcheinen müßten, wie der helle Strich mit parallelen Linien. Ein ſehr kleines Nadelloch in einem Stücke Papier, das man gegen das Licht, zuerſt in einer Entfernung vom Auge, in der man es deutlich ſieht, und darauf immer näher hält, wird, ſaget er, ſobald es ſeine Deutlichkeit verliert, Strahlen wie ein Stern zu ſchießen, aber nicht mit hellen Kreiſen umgeben zu ſeyn ſcheinen. Wenn man, fährt er fort, auf alle Umſtände bey dieſem Verſuche wohl Acht giebt, ſo wird man daraus die hellen Striche in dem andern Verſuche erklären können; indem in den meiſten dieſer Strahlen, wo nicht in allen, ein lichter Flecken ſich zeigen wird, ſo daß, wenn man in das Papier durch das Loch einen Einſchnitt, von der Breite des Loches machet, jeder dieſer Flecken ein lichter, mit dem Einſchnitte paralleler Strich, werden wird *).

Erſcheinungen einer hellen Fläche mit dunkelm Rande.

Zum Schluſſe ſeiner Abhandlung erzählet Dr. Jurin, was ſich ereignet, wenn man eine helle, von einer dunkeln umgebene Fläche aufmerkſam betrachtet, als wobey bisweilen ein heller Rand innerhalb des dunkeln, und ein dunkeler Rand innerhalb des hellen erſcheinen wird. Dieſes erkläret er daher, daß der Eindruck des Lichtes auf der Netzhaut noch einige Zeit, nachdem er ſchon vorbey iſt, fortdauert, wie man z. E. erfährt, wenn man in die Sonne geſehen hat. Denn bey dem geringſten unvermeidlichen Wanken des Hauptes wird die Stelle der Netzhaut, auf welche vorher die dunklen und matten Striche *) außerhalb des Bildes fielen, von dem Lichte des hellen Theils einen Eindruck bekommen, und dieſer plötzliche Uebergang vom Dunkeln zum Hellen wird darauf eine lebhaftere Empfindung des Lichtes verurſachen, als der übrige Theil der Netzhaut hat, der die ganze Zeit zuvor von dem Lichte des weißen Papieres gerühret geweſen iſt: das iſt, die helle Fläche wird mit einem noch hellern Rande umgeben zu ſeyn ſcheinen. Wenn ſich nun das Auge ein wenig zur Seite drehet, um dieſen hellen Rand beſſer zu betrachten, ſo wird eine Stelle der Netzhaut, auf welche vorher das Bild eines Theils der ſchwarzen Fläche fiel, nunmehr von dem Lichte der weißen Fläche gerühret, und weil ſie noch dunkler als jene erſtere geweſen war, ſo iſt die Empfindung des Lichtes darauf noch ſtärker als dort, das iſt, der helle Rand wird noch breiter und heller als zuvor *).

Etwas von der Oeffnung des Auges.

Daß uns eine Sache lebhafter erſcheint, wenn die Oeffnung des Auges gröſſer iſt, erhellet daher, weil alsdenn mehr Licht ins Auge fällt; wir ſehen aber am deutlichſten, wenn die Oeffnung klein iſt, weil alsdenn der Zerſtreuungskreis kleiner gemacht wird *); und weil, wie Dr. Porterfield noch hinzufüget, alles fremde Licht deſto mehr ausgeſchloſſen, und das Auge einer Camera obſcura deſto ähnlicher gemacht wird *). Man könnte auch noch hinzuſetzen, daß die Abweichung wegen der

s) Ibid. p. 296.

t) Dies ſind die von dem Zerſtreuungsraume herrührenden, weil Jurin die Fläche zu nahe ans Auge für das deutliche Sehen hielte. B.

u) Eſſay, p. 170.

v) Dies hat aber bloß bey ſchlechten Augen ſtatt, die kein Vermögen haben, ſich auf verſchiedene Entfernungen zum deutlichen Sehen einzurichten.

w) On the eye, vol. 2. p. 176.

der Geſtalt der brechenden Flächen im Auge dadurch vermindert werden mag, wie man in Fernröhren durch die Verengerung der Oeffnung das Bild weniger helle aber deſto deutlicher machet x).

Paulus Aegineta, Honoratus Faber, Gaſſendi und alle alte Aerzte glaubten, daß die Verengerung der Augenöffnung die ſcheinbare Größe der Sachen vermindere. Dieſes iſt aber den Geſetzen der Optik zuwider, und auch gegen die Erfahrung bey Fernröhren, in welchen die Vergrößerungskraft von der Verminderung der Oeffnung nichts leidet.

Einige Ereigniſſe des deutlichen und undeutlichen Sehens betreffend, hat Hr. J. de la Motte, ein Arzt in Danzig, wohl aus einander geſetzet, bey Gelegenheit, da er einen oben nach Scheinern angeführten Verſuch nachmachen wollte, wobey er fand, daß ein entfernter Gegenſtand vielfach erſcheint, wenn man ihn durch zwey oder mehrere Löcher betrachtet, die mit einer Nadel in ein Kartenblatt, nicht weiter von einander, als die Weite der Oeffnung des Auges beträgt, geſtochen ſind. Es wollte ihm, aller Bemühung ungeachtet, der Verſuch nicht gelingen, als ein Freund, der ihn zu beſuchen kam, auf ſein Verlangen die Probe machete, und ſie dieſem vollkommen gelang. Sein Freund war kurzſichtig, er aber nicht. Als er demſelben ein Hohlglas gab, das er hart an das Kartenblatt halten mußte, erſchien der Gegenſtand nur einfach. Durch dieſe Bemerkungen fand ſich de la Motte im Stande die Sache völlig ins Licht zu ſetzen. Vervielfachte Erſcheinung einer einzelnen Sache.

Wenn die Sache ſo weit entfernet, und das Auge ſo beſchaffen iſt, daß es ohne alle Anſtrengung die zuſammengehörenden Strahlen auf einem Puncte der Netzhaut vereiniget, ſo wird die Sache nie anders als einfach erſcheinen, durch wie viel Löcher man auch ſie betrachtet. Die Theile des Kartenblattes, welche das Licht auffangen, werden die Menge der in jedem Lichtkegel enthaltenen Strahlen nur vermindern, und die Sache wird weniger helle ſcheinen. Iſt aber das Auge genöthiget, ſeine Geſtalt zu ändern, um Deutlichkeit zu erhalten, ſo giebt die Dazwiſchenkunft des Kartenblattes, indem man dadurch zu einem andern Begriffe oder einer andern Schätzung der Entfernung verleitet wird, dem Auge ſeine ihm natürliche Einrichtung wieder, und alsdenn werden die von einem Puncte kommenden Lichtſtrahlen, welche durch die verſchiedenen Löcher fallen, entweder erſt hinter der Netzhaut ſich vereinigen wollen, oder thun dieſes ſchon, ehe ſie die Netzhaut erreichen. In beyden Fällen wird es ſo viel von einander unterſchiedene Eindrücke geben, als Löcher in dem Blatte ſind, mit dem Unterſchiede, daß in dem erſten Falle die Bedeckung eines Loches rechter Hand ein zur rechten liegendes Bild verſchwinden machen wird: dagegen in dem andern Falle auf die Bedeckung eines Loches rechter Hand ein zur linken liegendes Bild wegfallen wird, weil die Strahlen ſich ehe ſie die Netzhaut erreichten, kreuzen. Dieſes iſt ſo leicht zu begreifen, daß ich

x) Sehr genaue Unterſuchungen über das Verhältniß der Oeffnung des Auges und der Helligkeit des einfallenden Lichtes findet man in der Lambertiſchen Photometrie, S. 368 ff. K.

ich es nicht für nöthig finde, es durch eine Figur zu erklären. Wer aber vielerley Fälle hievon durch Zeichnungen erläutert zu sehen wünschet, kann sie in dem Aufsatze, woraus vorstehendes genommen ist, antreffen y).

Undeutlichkeit, wenn die Strahlenkegel zu dünne sind.

Es ist noch ein merkwürdiger Fall des undeutlichen Sehens übrig, wenn die Strahlenkegel, welche das Bild einer Sache machen, sehr dünne sind. Es muß dieses von einem besondern Umstande in dem Baue des Auges herrühren, weil es just das Gegentheil von dem ist, was man in diesem Falle erwarten sollte. Das Ereigniß ist, wie ich höre, nicht unbekannt; da ich aber in den Büchern, die durch meine Hände gegangen sind, nichts davon angetroffen habe, so ersuchte ich meinen Freund, Hrn. Michell, der mir davon Nachricht gab, mich davon näher zu belehren. Folgendes hat er mir mitgetheilet.

Die beste Art, den Versuch anzustellen, scheint zu seyn, daß man die Oeffnung eines Fernrohres vermindert, weil dadurch die Strahlenkegel sehr dünne gemachet werden können, ohne daß man befürchten darf, wegen der anziehenden Kraft der Seiten des Loches, wodurch die Strahlenkegel zusammen gezogen werden möchten, in Irrthum zu gerathen. Aus den Versuchen, die er damals zu machen im Stande war, (wobey er statt des Gegenstandes ein Kartenblatt mit kreisrunden und dreyeckichten Löchern nahm, welches er nahe an eine Lichtflamme, zwischen diese und seinem Auge stellete, so daß die Flamme dem Scheine nach das Loch ausfüllete) fand er, daß das Bild ziemlich merklich undeutlich war, wenn der Strahlenkegel nur ein Hunderttheil eines Zolles im Durchmesser hielte; daß es aber, wenn dieser Durchmesser nur ein Tausendtheil eines Zolles betrug, so sehr undeutlich ward, daß er nicht mit Sicherheit ein kleines dreyeckichtes Loch von einem kreisrunden zu unterscheiden im Stande war. War der Strahlenkegel ohne die Karte, ein Zweytausendtheil eines Zolles stark, so konnte er von der ganzen Gestalt der Lichtflamme nur einige schwache Spuren mit genauer Noth unterscheiden.

Als er die Sonne, welche wegen ihres Glanzes hiezu weit schicklicher ist, als eine Lichtflamme, auf diese Art betrachtete, und der Strahlenkegel nur ein Zweytausendtheil eines Zolles etwa im Durchmesser hielte, so schien sie ihn eben so undeutlich als die Lichtflamme es gethan hatte. Er konnte zwar eben noch unterscheiden, wo das Bild der Sonne wäre, es war aber ganz außerordentlich undeutlich und übel abgeschnitten, wiewohl bey allem dem die Helligkeit der Sonne noch größer als die Helligkeit des Mondes mit bloßen Augen gesehen war, und dieses etwa in dem Verhältnisse von zwey zu eins (wenn man die Oeffnung des Auges beym Anschauen des Mondes auf $\frac{1}{8}$ Zoll setzet) und noch immer wenigstens hundertmal größer blieb, als die Helligkeit ihres Bildes, wenn man sie durch ein Heliostop betrachtet, wo sie doch sehr schön und wohl abgeschnitten erscheint.

Er versuchte es auch mit einer dreyeckichten Strahlenpyramide, deren Durchschnitt etwa noch einmal so groß als des Strahlenkegels vorher war. Auf solche Art

y) Versuche und Abhandlungen der Gesellschaft in Danzig, B. 2. S. 290. (Muschenbr. introd. vol. 2. p. 769.)

Art erſchien die Sonne wenig oder gar nichts deutlicher; er bemerkete aber nichts von dem Strahlenſchießen, das er vorher an den Puncten des Loches wahrgenommen hatte, ſondern die Winkel waren vielmehr abgeſtumpft.

Wiewohl dieſe Art von Undeutlichkeit in dieſen Verſuchen nicht eher merklich ward, als bis der Strahlenkegel nur etwa $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmeſſer noch hielte, ſo möchte ſie doch wohl, wie Hr. Michell ſtark muthmaßet, ſchon einzutreten anfangen, wenn der Strahlenkegel kleiner als $\frac{1}{50}$ Zoll groß iſt. Er glaubet, daß man bey der Verſtärkung der Vergrößerungskraft der Fernröhre, wenn gleich die Helligkeit noch hinlänglich groß gelaſſen wird, wenig oder gar nichts gewinne, wofern der Strahlenkegel unter der eben erwähnten Dicke vermindert wird. Doch war das von ihm gebrauchte Fernrohr keines der deutlichſten, wenn ihm auch die volle Oeffnung gelaſſen ward z).

Sechstes Kapitel.

Von der ſcheinbaren Stelle, Entfernung, Größe und Bewegung der Gegenſtände.

Scheinbare Stelle einer durch convergirende Strahlen geſehenen Sache.

Meine Leſer werden ohne Zweifel zu erfahren wünſchen, wie es Dr. Barrows Hypotheſe von dem ſcheinbaren Orte der Gegenſtände, und der Schwierigkeit, die er ſelbſt dagegen erregete, unter den Händen anderer Naturforſcher gegangen iſt.

Der erſte, welcher ſich ſehr damit beſchäfftigte, war der ſinnreiche Dr. Berkley, Biſchoff zu Cloyne, der ſich durch ſeine Einwürfe gegen das wirkliche Daſeyn einer materiellen Welt, und gegen Newtons Lehre von den Fluxionen bekannt gemachet hat. In ſeinem Verſuche einer neuen Theorie des Sehens bemerket er, daß die durch den Zerſtreuungskreis der Strahlen auf der Netzhaut verurſachte Undeutlichkeit dieſelbe iſt, es mögen die Strahlen ſich diſſeits der Netzhaut ſchon vereiniget haben, oder ſich erſt jenſeits derſelben vereinigen wollen; deswegen werde in beyden Fällen das Urtheil von der Entfernung einerley ſeyn, ohne daß die Stelle, woher die Strahlen urſprünglich kommen, dabey in Betrachtung gezogen würde;

z) Es hätte hierbey mehrerer Deutlichkeit willen die Einrichtung des gebrauchten Fernrohres angezeiget werden müſſen. Die Dicke der Strahlencylinder, welche das Objectivglas erhält, und das Ocular ausſendet, verhalten ſich wie die Brennweiten jenes und dieſes. Allerdings muß die Einrichtung eines Fernrohres ſo gemachet werden, daß die Strahlencylinder, welche das Auge erhält, nicht kleiner im Durchmeſſer werden, als die Oeffnung des Auges, weil man ſonſt an der Helligkeit verliert. — In Hrn. Michells Verſuchen mögen die Strahlen von dem Umfange der Sonne zu nahe an dem Rande des Oculars durchgegangen ſeyn, weil wegen der ſehr verminderten Oeffnung des Objectivs ein Theil der Strahlen von dem Umfange der Sonne, die ſonſt weiter von dem Rande des Oculars durchgegangen wären, aufgefangen iſt. Iſt nun das Fernrohr, und beſonders das Ocular, ohnedem nicht recht gut geweſen, ſo darf man ſich über die Undeutlichkeit nicht wundern. A.

und da in dieſem Falle, ſo wie man von dem Linſenglaſe ſich entfernet, die Undeutlichkeit, die allemal bey einem zu nahen Gegenſtande ſich äußert, größer werde, ſo werde man urtheilen, daß der Gegenſtand näher herrücke [a]).

Smiths Grundſatz von der ſcheinbaren Entfernung und Größe.

Hingegen erinnert Dr. Smith, daß ſolchergeſtalt die Sache immer in einer geringern Entfernung vom Auge zu ſeyn ſcheinen müßte, als diejenige iſt, in welcher man Gegenſtände deutlich ſieht, welches ſich aber nicht ſo verhalte; und nimmt zur Erklärung ſowohl dieſes Falles als aller anderer, wobey eine Schätzung der Entfernung vorkömmt, an, daß wir von der Entfernung bloß, oder hauptſächlich, nach der ſcheinbaren Größe der Sache urtheilen, weswegen in dieſem Falle, da das Bild größer wird, je weiter man ſich von dem Glaſe entfernet, durch welches man die Sache betrachtet, dieſe uns näher zu kommen ſcheine. Er bemühet ſich auch zu beweiſen, daß man allemal, wenn man ein Glas gebrauchet, nach dieſer einfachen Regel die Entfernung ſchätze; und folgert daraus überhaupt, daß die ſcheinbare Entfernung einer durch ein Glas geſehenen Sache, ſich zu ihrer ſcheinbaren Entfernung für das bloße Auge verhalte, wie ihre ſcheinbare Größe für das bloße Auge, zu der ſcheinbaren Größe durch das Glas [b]).

Widerlegung.

Daß wir aber von der Entfernung nicht bloß nach dem Sehewinkel urtheilen, iſt eine ſchon vom Alhazen gemachte Anmerkung, der einige Beyſpiele anführet, in welchen zwar die Sehewinkel verſchieden ſind, und die ſcheinbaren Größen dennoch von jedem und augenblicklich für nicht unterſchieden erkläret werden [c]). Auch zeiget Hr. Robins ganz deutlich, daß Smiths Hypotheſe der Erfahrung in den gemeinſten und einfachſten Fällen widerſpreche. Bey Mikroſkopen, ſaget er, kann das Auge unmöglich die Sache ſo vielmal näher halten, als ſie vergrößert wird, weil bey ſtarken Vergrößerungen die Entfernung ſo groß ausfallen müßte, daß man gar keinen Begriff davon haben könnte, weil man die Sache nie ſo nahe ans Auge bringen kann. Ueberhaupt, ſaget er, werde, wie er glaube, ein jeder, der eine Sache durch ein erhabenes Glas, und darauf ſie ſelbſt ohne Glas betrachte, ſie in dem letztern Falle für näher halten, ob ſie gleich durch das Glas vergrößert wird; und wenn man eben dieſes mit einem Hohlglaſe verſuche, werde die Sache zwar durch das Glas kleiner, aber zugleich näher als ohne das Glas ſcheinen.

Was aber den ſtärkſten Beweis abgiebt, daß die ſcheinbare Entfernung des Bildes ſich nicht nach deſſen ſcheinbarer Größe richtet, iſt folgender Verſuch. Man halte vor einem auf beyden Seiten erhabenen Glaſe einen leuchtenden Gegenſtand, als eine Lichtflamme, ſo wird man zwey Bilder, ein aufrechtes und ein umgekehrtes ſehen, das erſte durch die Zurückſtrahlung von der Vorderfläche, und das zweyte durch

a) Eſſay on viſion, p. 30. (Die Undeutlichkeit einer mittelſt convergirender Strahlen durch ein Convexglas geſehenen Sache läßt ſich auch mit der Undeutlichkeit der durch einen Nebel geſehenen Dinge vergleichen. So erſcheint mir ein etwas entlegenes Haus oder eine Lichtflamme, wenn ich das Auge nahe an das Glas halte, als wenn ich ſie faſt in ihrer wahren Entfernung durch einen Nebel ſähe. R.)

b) Opticks, vol. 1, p. 52. (d. d. Ausg. S. 48. und 404.)

c) Robin's Tracts, vol. 2. p. 247. Alhazen, L. 2. nr. 36.

durch die Zurückſtrahlung von der Hinterfläche, vor und nach welcher die Strahlen von der Vorderfläche gebrochen werden. Hat dieſes Glas eine nicht gar zu kurze Brennweite, ſo wird das umgekehrte Bild, wenn das Glas nahe an den Gegenſtand gehalten wird, größer und auch näher als das aufrechte ſcheinen; wird aber das Glas von dem Gegenſtande entfernet, und das Auge bleibt gleich dem Glaſe ſo nahe wie vorher, ſo wird das umgekehrte Bild ſo viel ſchneller als das andere abnehmen, daß es zuletzt viel kleiner, aber doch näher als dieſes erſcheinen wird. Hier werden, ſaget Robins, zwey Bilder einer und derſelben Sache zu gleicher Zeit geſehen, und ihre ſcheinbaren Entfernungen werden unmittelbar mit einander verglichen; und man ſieht dabey offenbar ein, daß dieſe Entfernungen mit ihrer ſcheinbaren Größe gar nichts zu thun haben. Dabey zeiget er noch, wie man dieſen Verſuch auf eine noch überzeugendere Art anſtellen könne, wenn man nämlich ein Stück Papier mitten auf dem Glaſe befeſtiget, und es durch eine kurze Röhre betrachtet [d]).

Weil ich nicht Luſt habe, mich bey irrigen phyſikaliſchen Grundſätzen aufzuhalten, ſo laſſe ich die verſchiedenen Beweiſe, womit Smith ſeine Meynung unterſtützen will, und **Robins** Widerlegungen derſelben weg. Worinn Dr. Smith ſich nicht hat finden können, mag nach **Robins** vermuthlich dieſes geweſen ſeyn, daß die ſcheinbare Größe ſehr entfernter Gegenſtände, weder von der Größe des Sehewinkels allein abhängt, noch durch das richtige Verhältniß dieſes Winkels zu der wahren Entfernung beſtimmet wird, ſondern auch unter dem Einfluſſe eines Fehlſchluſſes in Abſicht auf dieſe Entfernung ſteht; ſo daß, wenn wir keinen Unterſchied in der Entfernung der Gegenſtände uns einbildeten, jeder nach dem Verhältniſſe ſeines Sehewinkels groß ausſehen würde; und daß, wenn wir allemal von der Entfernung richtig urtheilten, unſere Vorſtellung ihrer Größe in allen Entfernungen einerley bleiben würde; daß aber, ſo wie wir in der Schätzung der Entfernung irren, ein größerer Winkel die Vorſtellung einer größern Ausdehnung erreget. Weil Dr. Smith auf die Vereinigung dieſer Umſtände nicht Acht gegeben, ſo hat er bisweilen die ſcheinbare Größe dem Sehewinkel allein, bald dieſem Sehewinkel, verglichen mit der Entfernung, proportional geſetzet, und iſt alſo mit ſich ſelbſt nicht übereinſtimmig geblieben [e]).

Auch

d) Ibid. vol. 2. p. 230.

e) Robin's Tracts, vol. 2. p. 251. (Es kömmt bey dem Urtheile von der ſcheinbaren Größe ſehr viel auf die Vergeſellſchaftung der Begriffe, und auch auf einen Contraſt derſelben an. Sehe ich eine Sache oder ihr Bild in einem gewiſſen Anſcheine, der mir andere ähnliche Erfahrungen in Gedanken bringt, ſo werde ich die Sache darnach entfernt und groß ſchätzen. Hat man eine gewiſſe Sache, ein Dintefaß, ein Trunkglas, eine Bouteille lange gebrauchet, und nimmt nachher ein größeres Stück dieſer Art, ſo wird dieſes Anfangs ſehr groß, hernach allmählig kleiner ſcheinen, und gleichſam einſchrumpfen. So iſt es mir oft gegangen. Kindern kommen entfernte Sachen kleiner vor, als Erwachſenen. Unſere Begriffe von der ſcheinbaren Größe ſind alſo ſehr relativ, veränderlich, vermuthlich bey keinem Menſchen unter ſonſt gleichen Umſtänden einerley. Wir haben uns, jeder auf ſeine eigene Art, durch Uebung eine Menge ſinnlicher Vorſtellungen von der Größe erworben, die mit der wahren Größe nichts zu thun haben, ſo wenig als Worte mit den dadurch bezeichneten

Auch **Montucla**, dem Robins Schriften nicht bekannt geworden zu seyn scheinen, erkläret sich gegen Dr. **Smiths** Hypothese von der scheinbaren Größe der Entfernung, und machet einige hieher gehörige Anmerkungen, die wohl verdienen angeführet zu werden.

Er glaubet gegen Smith und andere Optiker beweisen zu können, daß, wie schon nach Robins angeführet ist, eine Sache durch ein erhabenes Glas weiter entfernet zu seyn scheint, als mit bloßen Augen. Man lege ein solches Glas auf beschriebenem Papiere oder sonst einer Sache, so wird diese, wenn man das Glas davon wegrücket, so wie sie größer wird, weiter sich zu entfernen scheinen. Ist dieses nicht genug, so schlägt er folgenden Versuch vor, wodurch er manche zu seiner Meynung gebracht zu haben versichert. Er ließ sie durch ein Converglas auf den Rand eines Tisches herunterſehen, und sagte, sie möchten mit dem Finger den Rand zu berühren suchen; es war aber keiner, der nicht zu weit herunter gefahren wäre, da sie doch zu hoch getroffen haben würden, wenn sie den Rand näher als vorher gehalten hätten.

In der Erfahrung, welche **Barrow** anführet, die Unrichtigkeit der Meynung zu beweisen, daß der scheinbare Ort des Bildes eines Punctes in dem Durchschnitte des gebrochenen Strahles mit dem Perpendikel von dem Puncte auf die brechende Fläche seyn sollte, glaubet **Montucla** auch einen Grund wider Smiths Hypothese zu finden. Denn nach derselben müßte jeder Theil eines senkrecht ins Wasser gehaltenen Stabes, den man schief ansieht, desto kleiner lassen, je tiefer er liegt; folglich müßte er jenseits der senkrechten Linie liegen, statt daß nach Barrow er disseits derselben liegt. Am Ende gesteht doch Montucla mit Barrow ein, daß bey der Erklärung der undeutlichen Erscheinung durch ein Linsenglas noch

bezeichneten Sachen. Man kann daher nicht sagen, eine Sache sieht größer, kleiner, so groß aus, als sie ist, ob ich gleich diese Ausdrücke selbst von einem d'Alembert gebraucht finde. Freylich wer die betrachteten Sachen oft wirklich ausgemessen hat, wird durch die sinnliche Größe von der wahren zu urtheilen lernen; das ist aber nicht empfinden, sondern eine alte Erfahrung auf einen gegenwärtigen Fall anwenden. Die sinnliche Idee ist ganz was anders als der geometrische Begriff der Größe, wenn wir sie auch oft mit einander zusammenschmelzen. Wer nie ein Kauffartheyschiff gesehen hat, wird aus Zeichnungen mit dem Maaßstabe dabey sich die sinnliche Idee nicht machen lernen, die derjenige davon hat, der ein solches gesehen. Ich kann mir von dem Pik auf Teneriffa keinen Begriff machen, ungeachtet ich den Brocken sechs Meilen von mir sehe, und weis, wie viel Ruthen jener hoch ist. Als ich in meiner Jugend zum erstenmal etwas beträchtliche Hügel sah, wurden meine sinnliche Begriffe von ihrer Größe ganz anders, als sie vorher gewesen waren, da ich bloß an das platte Land gewöhnt gewesen war. — Von der scheinbaren Entfernung gilt alles dieses auch, weil sie gleichfalls eine sinnlich erkannte Größe ist. — Unsere sinnliche Begriffe von Größe und Entfernungen entstehen aus einer Menge von ehemaligen und gegenwärtigen einzelnen Empfindungen, die wir völlig aus einander zu setzen, nicht wohl im Stande sind. — Die Beschaffenheit des Bildes auf der Netzhaut ist nur ein einzelner Umstand beym Sehen; was er sagen wolle, muß, wie bey einem vieldeutigen Worte aus dem Zusammenhange ersehen werden, u. s. w. A.)

noch Schwierigkeiten übrig blieben, welche wegzuräumen er die Optikverſtändigen auffordert *f*).

Hätte unſer Verfaſſer etwas ſpäter geſchrieben, ſo würde er in Bouguers Optik neue Erläuterungen über dieſe Sachen angetroffen haben, als der Barrows allgemeine Regel annimmt, daß wir den Ort eines Punctes dahin ſetzen, woher die Strahlen dem Anſehen nach auseinanderfahrend ins Auge kommen. Kommen die Strahlen von einem Puncte unterhalb der Oberfläche des Waſſers oder eines andern brechenden Mittels, ſo findet er, daß es zween ſolcher Vereinigungspuncte giebt, von welchen die Strahlen aus, und ins Auge fahren: einen nämlich für diejenigen Strahlen, welche in derſelben ſenkrechten Fläche befindlich ſind, und alſo gegen die brechende Fläche ſich verſchiedentlich neigen, und einen andern für diejenigen, welche auf die brechende Fläche mit demſelben Grade der Schiefe fallen, und einer neben dem andern zur Seite ins Auge kommen. Bisweilen iſt es das eine, bisweilen das andere dieſer Bilder, woran die Seele ſich hält, und verſchiedene Perſonen mögen ganz wohl verſchiedene Bilder ſehen. Doppeltes Bild durch die Brechung.

Es ſey B a b ein Theil der Oberfläche des Waſſers, und der Gegenſtand in O, von welchem die ſenkrechte auf die brechende Fläche O A iſt. Von dieſem Puncte O entſtehen zwey Bilder, eines in G, einem Puncte der Brennlinie durch die Brechung, das andere in E auf der ſenkrechten O A, die ebenfalls als eine Brennlinie anzuſehen iſt. Das erſte Bild wird durch Strahlen, wie O D M, O d m empfunden, deren einer nach dem Auge hin höher lieget, als der andere; dagegen das Bild in E von Strahlen, wie O D M, O e f, gemacht wird, welche einer neben dem andern ins Auge kommen. Dieſes kann, ſaget er, zur Erklärung der Schwierigkeit dienen, welche Tacquet, Barrow, Smith und viele andere ſich gemacht haben, und die Newton ſelbſt für ſehr groß erkläret hat, wiewohl ſie nicht ganz unauflöslich ſeyn mag *g*). fig. 114.

G. W. Krafft vertheidigt Barrows Grundſatz von dem Orte eines durch Zurückſtrahlung oder Brechung geſehenen Bildes, ſehr gut, und was den Fall betrifft, da ein entfernter Gegenſtand in einem Hohlſpiegel von einem nahe vor demſelben befindlichen Auge geſehen wird, als wobey Barrows Regel nicht gebraucht werden kann, weil das Bild zwiſchen das Auge und die Sache fällt, ſo erinnert er, daß man in dieſem Falle den Spiegel als einen ebenen betrachten könne, welches auf eins hinauskomme, wiewohl das Bild etwas undeutlich ſey *h*).

Dr. Porterfield giebt uns eine deutliche und kurzgefaßte Vorſtellung aller natürlichen Methoden von der Entfernung der Sachen zu urtheilen, zu welchen er, außer den nach de la Hire ſchon oben angeführten, noch das Vermögen, ſich ſelbſt Mittel von Entfernungen zu urtheilen.

auf

f) Hiſt. de Mathem. vol. 2. p. 602. (Man kann Sachen erkennen, die man undeutlich empfindet, wenn die Undeutlichkeit nicht zu groß iſt — die Undeutlichkeit kann gleich groß, ihre Urſache bald dieſe bald jene ſeyn — Unſer Urtheil von der Größe und Entfernung einer undeutlich geſehenen Sache hängt von äußern Umſtänden ab. K.)

g) Traité d'Optique, p. 104.

h) Comm. Petr. vol. 12. p. 252. 256.

auf verschiedene Entfernungen einzurichten, rechnet. Weil verschiedene von seinen Bemerkungen sehr treffend sind, so will ich seine Gedanken hier im Auszuge mittheilen.

Das erste Mittel, dessen sich die Seele bedienet, die Entfernung einer Sache zu schätzen, ist die Einrichtung, welche dem Auge nöthig ist, auf verschiedene Entfernungen deutlich zu sehen. Die Seele ist sich der dazu nöthigen Bemühungen bewust, und kann dadurch gewissermaaßen, selbst mit einem Auge allein Entfernungen schätzen. Es hilft dieses Mittel aber nicht mehr außer den Gränzen des deutlichen Sehens, wiewohl alsdenn der größere oder geringere Grad von Undeutlichkeit, nachdem die Sache mehr oder weniger über diese Gränzen hinaus liegt, zur Schätzung der Entfernung behülflich ist. Dieser Gebrauch der Undeutlichkeit ist aber auch eingeschränket. Denn wenn die Entfernung der Sache so groß ist, daß die Weite der Oeffnung des Auges dagegen nicht mehr in Vergleichung kömmt, so wird man die von einem Puncte der Sache herkömmenden Strahlen für parallel halten können, und ihr Bild auf der Netzhaut wird deswegen nicht merklich undeutlicher werden, wenn sie auch beträchtlich weiter entfernet wird *i*)

Ein Hauptmittel von der Entfernung zu urtheilen, saget er, liegt in dem Winkel der Sehearen. Unsere beyden Augen sind gleichsam zween Standpuncte, von welchen man die Entfernungen der Gegenstände aufnimmt; und darum treffen Einäugige so oft vorbey, wenn sie Getränke in ein Glas gießen, ein Licht schneuzen, oder sonst etwas thun wollen, wozu man die Entfernungen genau abgemessen haben muß. Dieses überzeugend einzusehen, hänge man, saget er, einen Ring an einem Faden auf, stelle sich zwey oder drey Schritte von ihm, mit dem Gesichte gegen die schmale Fläche desselben gekehret, daß die Oeffnung nach der rechten und linken Hand hin liege, und versuche bey geschlossenem einem Auge, mit einem am Ende gekrümmten Stabe durch den Ring zu treffen. So leicht dieses zu seyn scheint, so wird man doch bey der Probe finden, daß sie vielleicht unter hundertmalen nur einmal geräth, besonders wenn man den Stab etwas geschwinde beweget *k*).

Unser Verfasser führet noch an, daß bey Leuten, die mit einem Auge blind geworden sind, ohne zu wissen, wie lange sie es sind, es wohl möglich ist, dieses angeben zu können, wenn sie sich besinnen, um welche Zeit sie angefangen haben, die vorher bemerkten Fehler zu begehen. Dieses ist ein Umstand, der einem Arzte zur Hebung des Uebels nützlich seyn kann, und dessen sich unser Verfasser selbst einmal zur Heilung des schwarzen Staars bedienete, weil er daraus schloß, daß dieses Gebrechen noch nicht alt wäre. Uebrigens hilft der Winkel der Sehearen zur Schätzung der Entfernungen nur auf eine gewisse Weite, die Dechales zu 120 Fuß ansetzet, weil weiterhin der Winkel sich nicht merklich verändert *l*).

Das dritte Hülfsmittel zur Beurtheilung der Entfernungen besteht in der scheinbaren Größe der Sachen, welches Smith von so großer Wichtigkeit machte.

Von

i) On the eye, vol. 2. p. 387. *l*) Ibid. vol. 2. p. 390. 394.
k) Ibid. vol. 1. p. 105.

Von der Veränderung des Bildes auf der Netzhaut ſchließen wir leicht auf die Entfernung der Sache, woferne uns anders die wahre Größe der Sache bekannt iſt; denn ſonſt können wir aus der ſcheinbaren Größe allein gar nicht auf die Entfernung ſchließen.

Hieraus begreift man, warum man in der Schätzung der Entfernungen ſo oft irret, wenn man einen Gegenſtand von ungewöhnlicher Größe vor ſich ſieht, als wenn man auf eine große Stadt, ein Schloß, eine Domkirche oder einen Berg von außerordentlicher Größe zu reiſet, da man dergleichen Gegenſtände immer für näher hält als ſie wirklich ſind. Darum ſehen auch Thiere und alle kleine Sachen, die man von unten aus dem Thale an einem hohen Berge ſieht, außerordentlich klein aus. Denn wir halten den hohen Berg für niedriger als er iſt, und würden uns nicht wundern, daß die Thiere auf demſelben ſo klein ausſehen, wenn wir wüßten, daß ſie ſo weit von uns ſind m).

Dr. Jurin erkläret ganz deutlich, warum Gegenſtände, die man von einem hohen Gebäude herab betrachtet, kleiner ausſehen, als ſie ſind, und kleiner als ſie uns vorkommen, wenn man ſich mit ihnen auf derſelben horizontalen Ebene befindet. Wir haben unter dieſen Umſtänden, ſaget er, keinen deutlichen Begriff von Entfernungen, und urtheilen alſo bloß nach der Größe des Bildes im Auge; allein durch Gewohnheit werden wir uns ſelbſt in dieſem Falle dahin bringen, richtig zu urtheilen. Man laſſe einen Knaben, der niemals oben auf einem hohen Gebäude geweſen, die Spitze des Monuments in London beſteigen, und von da auf die Gaſſe herunter ſehen, ſo werden ihm Menſchen und Pferde unten an der Erde ſo klein vorkommen, daß er ſich höchlich darüber wundern wird. Aber nach zehn oder zwanzig Jahren, wenn er in der Zeit manchmal von ſo großen Höhen herunter zu ſehen ſich gewöhnet hat, werden ihm dieſelben Gegenſtände nicht mehr ſo klein ausſehen. Und, wenn er ſie von ſolchen Höhen herab ſo oft ſähe, als er ſie mit ſich auf derſelben Ebene auf den Gaſſen ſieht, ſo würden ſie ihm, wie er glaubet, oben von der Spitze des Monuments herab, nicht kleiner vorkommen, als wenn er ſie aus einem Fenſter im erſten Stocke betrachtet. Darum müſſen auch Bildſäulen, die auf hohen Gebäuden zu ſtehen kommen ſollen, größer als diejenigen gemachet werden, die man in der Nähe ſehen ſoll, weil alle Leute, Baumeiſter ausgenommen, hohe Gebäude für niedriger halten als ſie ſind n).

Als das vierte Hülfsmittel, Entfernungen zu ſchätzen, giebt Porterfield die Lebhaftigkeit der Farbe an, mit welcher die Gegenſtände erſcheinen. Wenn wir wiſſen, daß zwo Sachen einerley und gleich ſtarke Farbe haben, und eine derſelben erſcheint uns heller und lebhafter als die andere, ſo werden wir die hellere für näher halten o).

Das

m) Ibid. vol. 2. p. 396. (Smiths Lehrb. d. Optik, S. 53.)
n) Smith's Opticks, Remarks, p. 51. (d. d. A. S. 415.)
o) On the eye, vol. 2. p. 396.

Das fünfte Hülfsmittel beſteht in dem verſchiedentlichen Ausſehen der kleinen Theile der Gegenſtände. Erkennet man dieſe deutlich, ſo halten wir den Gegenſtand für nahe; können wir ſie nicht anders als undeutlich oder gar nicht ſehen, ſo halten wir ihn für entfernet. Denn das Bild einer Sache oder eines ihrer Theile wird kleiner in dem Verhältniſſe, daß die Sache weiter fortrücket.

Das ſechſte und letzte liegt darinn, daß man nicht eine Sache allein, ſondern alle umliegende am den Hauptgegenſtand, deſſen Entfernung man ſchätzet, zugleich mit betrachtet. Je mehr der Zwiſchenraum von dem Auge bis an denſelben in kleinere und deutlich erkannte Theile getheilet iſt, deſto größer wird er uns vorkommen. Darum ſcheinen Entfernungen auf unebenen Flächen kleiner als auf einer ebenen. Denn die Ungleichheiten des Bodens, als Hügel, Vertiefungen und Flüſſe, die niedrig und außer dem Geſichte ſind, fallen theils nicht in die Augen, theils entziehen ſie das dahinter liegende dem Anblicke; weswegen der ganze Zwiſchenraum um die nicht zu Geſichte kommende Theile vermindert wird. Darum erſcheinen die Ufer eines entfernten Fluſſes zuſammen zu ſtoßen, wenn das Waſſer niedrig fließt und nicht geſehen wird p).

Einige Geſichtsbetrüge, die von einer irrigen Schätzung der Entfernung herrühren, erkläret Dr. Porterfield ſehr wohl. Parallele Reihen von Bäumen ſcheinen uns deswegen immer mehr und mehr ſich zu nähern, je weiter ſie fortlaufen, weil die ſcheinbare Größe ihrer ſenkrechten Zwiſchenweiten immer fort abnimmt, und wir zugleich uns in der Schätzung der Entfernungen irren. Hingegen, wenn die beyden parallellaufenden Reihen längſt einer Anhöhe hin gepflanzet ſind, ſo daß nunmehr die entferntern Theile weiter ſcheinen als ſie wirklich ſind, weil der Sehewinkel größer iſt, als wenn ſie horizontal lägen, ſo werden die Reihen nicht ſo ſehr als in jenem Falle zuſammenlaufend, ja wohl gar aus einander laufend ſcheinen.

Aus eben dem Grunde, daß eine lange Allee ſich zuſammen zu ziehen ſcheint, werden auch die entfernten Theile eines horizontalen Bodens allmählig ſich zu erheben ſcheinen, und mit ihnen zugleich die darauf ſtehenden Gegenſtände; da hingegen die Decke einer langen Gallerie nach der horizontalen Ebene durch das Auge des Betrachters ſich herab zu ſenken ſcheint. Darum erhebt ſich die Fläche der See, wenn man ſie von einer Anhöhe betrachtet, deſto mehr, je weiter man ſeine Blicke richtet; und die obern Theile eines hohen Gebäudes haben das Anſehen, als wenn ſie ſich vorüber neigten, weil ſie ſich der ſenkrechten Linie durch das Auge des Betrachters zu nähern ſcheinen; weswegen auch Bildſäulen auf der Spitze ſolcher hoher Gebäude ein wenig rückwärts gelehnet werden müſſen, wenn ſie aufrecht ſtehend ausſehen ſollen.

Eine Windmühle, fährt er fort, die man ſehr von weitem ſieht, kann ſich nach einer der wirklichen Richtung entgegengeſetzten zu bewegen ſcheinen, wenn wir das nähere Ende eines Flügels für das entferntere halten. Daher kömmt es auch, daß

p) On the eye, vol. 2, p. 408. (Wir nehmen auch die ſcheinbare Lage der Linien, welche durch die obere und untere Gränze der Sachen gehen, ſo wohl gegen einander, als gegen uns ſelbſt, zu Hülfe, weil wir aus Erfahrung wiſſen, wie dieſe Linien ſich darzuſtellen pflegen. K.)

daß wir bisweilen ungewiß ſind, nach welcher Gegend ſich ein Kronleuchter drehet; daß wir eine vertiefte Fläche und eine erhabene mit einander verwechſeln, beſonders wenn wir Siegel und Abdrücke mit einem Converglaſe oder einem zuſammengeſetzten Mikroſcop betrachten; daß wir des Nachts, wenn wir in eine Gaſſe kommen, die nur von einer Reihe Laternen erleuchtet wird, dieſe an die unrechte Seite ſetzen q).

Noch weit mehr ward dieſe merkwürdige Materie von **Bouguer** ins Licht geſetzet, einem Gelehrten, deſſen Namen der Leſer mit Vergnügen in dieſer Geſchichte hier wieder antreffen wird, und von dem ich gerne noch öfterer was angeführet hätte.

Wie ſcheinbare Parallelen gezogen werden müſſen.

Die wahre Methode, zwo ſcheinbar parallel laufende Reihen von Bäumen zu ziehen, iſt eine Aufgabe, welche das Nachdenken mehr als eines Naturforſchers und Mathematikers beſchäfftiget hat. Daß die ſcheinbare Größe einer Sache mit dem Winkel, unter welchem ſie geſehen wird, abnimmt, iſt von jeher als ausgemacht betrachtet worden; desgleichen iſt von allen eingeſtanden, daß wir nicht anders als durch Gewohnheit und Erfahrung ſowohl von der Größe als von Entfernung urtheilen lernen: aber bey der Anwendung dieſer Grundſätze zur Auflöſung jener Aufgabe iſt von allen, vor Bouguer, die wahre Entfernung ſtatt der ſcheinbaren gebraucht worden, da doch die Seele ſich in ihrer Schätzung bloß nach der letztern richtet. Denn es iſt klar, daß wenn durch gewiſſe Umſtände die ſcheinbare Entfernung mit der wahren nicht übereinſtimmt, die ſcheinbare Größe der Sache dadurch verändert werden muß, eben ſo wie durch einen Fehlſchluß in Abſicht auf die ſcheinbare Größe, die Schätzung der Entfernung anders ausfallen wird.

Tacquet, der an dieſen Unterſchied nicht dachte, glaubte deswegen bewieſen zu haben, daß zwo Linien, als zwo Reihen Bäume, die dem Anſcheine nach parallel ſind, keine andere als zwo mit ihren erhabenen Seiten gegen einander gekehrte Hyperboln ſeyn könnten r); und **Varignon** behauptete, daß eine Allee, die immer gleiche ſcheinbare Breite behalten ſollte, in der Entfernung ſich immer mehr verengern müßte s).

Bouguer bemerket, daß die Vorſtellung von ſehr großen Entfernungen faſt nicht anders iſt als von ſolchen, die ungleich viel kleiner ſind. Darum ſtellen wir uns große Entfernungen immer zu klein vor, und deswegen ſcheint der Boden einer langen Ausſicht ſich immer etwas zu erheben. Wir halten nämlich die Sehe-Strahlen für kürzer als ſie ſind, und glauben alſo, daß die Stellen, wovon ſie herkommen, höher liegen, als ſie wirklich ſind. Jede große Ebene, wie AB, ſcheint fig. 115.
demnach dem Auge in O, nach einer Richtung wie Ab hin ſich zu erſtrecken, und folglich muß man, um ſcheinbar parallele Linien auf der Ebene AB zu ziehen, der-

q) On the eye, vol. 2. p. 383. 384. (Smiths Optik, S. 52, 53.)

r) Oder ein Hyperboliſcher Schenkel mit ſeiner Aſymptote. K.

s) Er nahm an, daß die ſcheinbare Größe dem Producte aus dem Sinus des Sehewinkels in die wahre Entfernung proportional wäre, welches auf doppelte Art fehlerhaft war. d'Alembert Opuſc. math. T. 1. p. 293.

gleichen erſt auf der Ebene A b verzeichnen, und von da ſie auf die Ebene A B übertragen.

Die Neigung der ſcheinbaren Grundfläche A b gegen die eigentliche A B zu erfahren, muß man, unſerm Verfaſſer zu folge, zwo Linien von hinlänglicher Länge, wozu Schnüre an kleine Stäbe befeſtiget recht gut ſind, unter einem Winkel von 3 bis 4 Grad auf dem Boden ziehen. Darauf ſtellet ſich jemand innerhalb des Winkels dieſer beyden Linien, den Rücken nach dem Winkelpuncte hin gekehrt, und ſuchet die Stelle, in welcher ihm die Linien parallel vorkommen. Die Linie, welche alsdenn von dem Winkelpuncte durch ſein Auge geht, wird mit der wahren Grundfläche den geſuchten Winkel dieſer Grundfläche mit der ſcheinbaren machen.

Hr. Bouguer bringt hierauf noch andere geometriſchere Methoden zur Beſtimmung dieſes Neigungswinkels bey, und ſaget, daß er ihn vermittelſt derſelben bisweilen 4 bis 5 Grad, bisweilen nur 2 oder $2\frac{1}{2}$ Grad groß gefunden habe. Der Winkel hängt nämlich von der Art, wie der Grund erleuchtet iſt, und von der Stärke der Helligkeit ab; ſelbſt die Farbe hat einen Einfluß hiebey, und außer dem kömmt es noch auf die beſondere Einrichtung des Auges an, ob es bey einerley Grade des Lichtes mehr oder weniger davon gerühret wird, und auch auf die Stelle der Netzhaut, wohin das Bild fällt. Denn wenn er durch eine kleine Bewegung des Kopfes machte, daß das Bild von gewiſſen Theilen des Bodens, das vorher nach unten zu hin fiel, nunmehr nach oben hin auf der Netzhaut zu liegen kam, ſo ſchien ihm dieſe ſcheinbare Neigung immer etwas größer zu werden.

Geſichtsbetrug bey ſteilen Flächen.

Das merkwürdigſte aber, welches er als zuverläßig behauptet, iſt dieſes, daß bey einem berg an laufenden Grunde der Unterſchied zwiſchen der ſcheinbaren und wahren Grundfläche viel beträchtlicher wird, ſo daß beyde bisweilen einen Winkel von 25 bis 30 Grad mit einander machen können. Dieſes hat er ſehr oft beobachtet. Berge werden, ſaget er, ſchon unerſteiglich, wenn ihre Seitenflächen mit dem Horizont einen Winkel zwiſchen 35 und 37 Grad machen, weil man alsdenn nicht anders als mit Hülfe von Steinen und Geſträuchen, die man ſtatt Stufen brauchet, die Füße darauf zu ſetzen, daran hinauf klettern kann. In ſolchen Fällen ſchätzten ſowohl er als ſeine Reiſegefährten die ſcheinbare Neigung der Seitenflächen auf 60 bis 70 Grad.

Bey einem abhängenden Grunde hingegen wird der Winkel der wahren und ſcheinbaren Grundfläche zuerſt immer kleiner, bis auf einen gewiſſen Grad des Abhanges, da beyde in einander fallen, ſo daß parallele Linien, die man auf einer Fläche in dieſer Lage zöge, immer parallel zu bleiben ſcheinen würden. Senket ſich aber der Grund noch tiefer herunter, ſo wird die Abweichung der ſcheinbaren Grundfläche von der wahren wieder zu wachſen anfangen, und zwar wird, welches merkwürdig iſt, die ſcheinbare itzt unter der wahren liegen, ſo daß die ſcheinbar parallelen Linien auf letzterer zuſammenlaufend werden.

Scheinbare Neigung ſenkrechter Flächen. fig. 116.

Hieraus zieht er auch Folgerungen für den Fall, da mehr als eine Ebene zugleich ins Auge fallen. Als wenn B H die Fronte eines Gebäudes iſt, vor welcher das Auge in der Entfernung A B ſteht, ſo wird ſie dem Anſcheine nach die Entfernung

nung Ab und die Lage bh bekommen, ſo daß ſie ein wenig gegen den Zuſchauer geneigt liegt, es müßte denn die Entfernung geringe ſeyn.

Scheinbare Krümmung horizontaler Flächen.

Aus vielen Betrachtungen über dieſe Sache zieht unſer Verfaſſer den Schluß, daß eine horizontale Ebene demjenigen, der auf ihr ſteht, nicht eher, als in einer gewiſſen Entfernung ſich zu erheben ſcheint. Die ſcheinbare Fläche hat alſo daſelbſt eine Krümmung, deren Geſtalt nicht leicht zu beſtimmen iſt, ſo daß einer, der auf einer unendlich weit ausgedehnten Ebene ſtünde, in dem Mittel eines Beckens zu ſtehen ſich vorkommen würde. So geht es gewiſſermaßen auch einem, der ſich auf gleichem Grunde mit der Fläche der See befindet t).

Scheinbare Verzerrungen.

Er beſchließt mit der Anmerkung, daß es nicht ſchwer ſey, nach dieſen Regeln Linien zu ziehen, welche, wie man es verlanget, ins Auge fallen, außer wenn einige Theile der Ausſicht dem Zuſchauer nahe, andere ſehr weit von ihm ſind. Eine gerade Linie, die nahe vor ihm vorbey, unterhalb der Horizontalfläche durch das Auge geht, ſcheint in dieſem Falle in einer gewiſſen Entfernung vom Auge faſt immer merklich gekrümmet, und beynahe alle Figuren werden alsdenn ſehr verworrenen optiſchen Verzerrungen unterworfen ſeyn, worauf man bisher die Regeln der Perſpectiv noch nicht angewendt hat. Zieht man einen Kreis nahe bey unſern Füßen, auf demjenigen Theile der Grundfläche, der uns ganz horizontal zu bleiben ſcheint, ſo wird er uns immer wie ein Kreis ausſehen, und in einer weiten Entfernung die Geſtalt einer Ellipſe haben; allein zwiſchen dieſen beyden Lagen wird er weder wie ein Kreis noch wie eine Ellipſe, ſondern ohngefähr wie eine der Ovallinien des Descartes ausſehen, die an dem einem Ende gekrümmter als an dem andern ſind.

Daher kömmt es, daß ein Parterre, welches von einem niedrigen Standpuncte verzogen ausſieht, von einem Balcon oder ſonſt einer Anhöhe betrachtet, vollkommen regelmäßig erſcheint. Die ſcheinbare Unregelmäßigkeit nimmt nämlich erſt in einer größern Entfernung ihren Anfang, und die Theile des Grundes in der Nähe des Zuſchauers ſind davon befreyet. Wenn AB die Grundfläche vorſtellet, und Aa die unter dem Auge darauf ſenkrecht gezogene iſt, ſo wird die Stelle T, wo die Grundfläche nach Tb hin ſich zu erheben ſcheint, deſto weiter von dem Auge wegrücken, je höher das Auge O ſteht u). fig. 117.

Ereigniſſe bey der ſcheinbaren Bewegung.

Alles, was bey der ſcheinbaren Bewegung in Betrachtung gezogen werden kann, hat Dr. Porterfield ſo nett in eilf Sätzen gefaſſet, daß ich nicht beſſer thun kann, als wenn ich ſie hier dem Leſer vorlege.

1. Ein ſehr geſchwind bewegter Körper wird nicht geſehen, wenn er nicht ſehr helle iſt. So ſieht man eine Kanonenkugel nicht, wenn man ihrer Bahn zur Seite ſteht; ſieht man ihr aber in ihrem Fluge hinten nach, ſo wird ſie ſichtbar, weil alsdenn ihr Bild lange auf derſelben Stelle der Netzhaut bleibt, und folglich einen lebhaftern Eindruck machet.

2. Eine glühende Kohle, die geſchwinde genug im Kreiſe herumgeſchwungen wird, verurſachet das Anſehen eines Feuerrades, weil die Eindrücke des Lichtes,

t) Vergl. Smiths Optik, S. 415. K. u) Mem. de l'Ac. de Par. 1755. p. 156—166.

welche in einer zitternden und folglich einige Zeit dauernden Bewegung beſtehen, nicht augenblicklich wieder verſchwinden, ſondern ſo lange anhalten, bis die Kohle ihren Umlauf vollendet hat, und an der erſten Stelle wieder angelanget iſt.

3. Wenn zween ungleich vom Auge entfernte Körper ſich gleich geſchwinde bewegen, ſo wird der entferntere langſamer zu gehen ſcheinen; verhalten ſich aber ihre Geſchwindigkeiten wie ihre Entfernungen, ſo ſind ihre ſcheinbaren Geſchwindigkeiten gleich.

4. Wenn zween ungleich vom Auge entfernte Körper ſich ungleich geſchwinde nach derſelben Richtung bewegen, ſo iſt das Verhältniß ihrer ſcheinbaren Geſchwindigkeiten zuſammengeſetzet aus dem ordentlichen Verhältniſſe ihrer wahren Geſchwindigkeiten, und dem umgekehrten ihrer Entfernungen vom Auge [v]).

5. Ein Körper, wie groß auch ſeine Geſchwindigkeit ſey, ſcheint ſtille zu ſtehen, wenn der von ihm in einer Secunde beſchriebene Raum in der Entfernung unmerklich klein iſt. Daher rühret es, daß ein naher Körper, der ſich ſehr langſam beweget, als der Zeiger einer Uhr, oder ein entfernter geſchwinde fortgehender Körper, wie die Planeten, ſtille zu ſtehen ſcheinen.

6. Ein Körper, der ſich mit irgend einer Geſchwindigkeit beweget, ſcheint zu ruhen, wenn der von ihm in einer Secunde beſchriebene Raum ſich zu ſeiner Entfernung vom Auge verhält wie 1 zu 1400. [w])

7. Wenn das Auge ſich in der geraden Linie fort beweget, ſo werden ſeitwärts nicht zu weit entfernte Gegenſtände nach einer entgegengeſetzten Richtung ſich zu bewegen ſcheinen.

8. Wenn das Auge ſich gerade fort beweget, und man ſich der Bewegung bewußt iſt, ſo werden entfernte Körper ſich nach derſelben Richtung, mit derſelben Geſchwindigkeit zu bewegen ſcheinen. So ſcheint jemanden, der nach Oſten hin läuft, der Mond zur rechten Hand eben dahin mit gleicher Geſchwindigkeit fortzurücken; da wegen der Entfernung des Mondes ſein Bild immer auf derſelben Stelle der Netzhaut bleibt, weswegen wir uns einbilden, der Mond gehe mit uns fort.

9. Wenn das Auge und der Gegenſtand nach derſelben Richtung ſich bewegen, jenes aber geſchwinder, ſo wird dieſer ſich rückwärts zu bewegen ſcheinen.

10. Wenn zween oder mehrere Gegenſtände ſich mit gleicher Geſchwindigkeit bewegen, und ein anderer ruhend iſt, ſo werden jene zu ruhen, und dieſer ſich zu bewegen ſcheinen. So ſcheinen, wenn Wolken geſchwinde laufen, ihre Theile in derſelben Lage zu bleiben, und der Mond nach entgegen geſetzter Richtung zu gehen.

11. Wenn das Auge ſehr geſchwinde ſich fort beweget, ſo werden zur Seite liegende unbewegte Gegenſtände den entgegengeſetzten Weg zu nehmen ſcheinen. So ſcheinen

v) Sollte es hiebey nicht mehr auf die ſcheinbaren Entfernungen ankommen als auf die wahren? K.

w) Dies giebt einen Winkel von 15 Sec. Die Sterne kommen uns ruhend vor, ungeachtet ſie in der Zeit einer Secunde einen Winkel von 15″ beſchreiben, wenn man die Zeit der ganzen Umdrehung zu 24 St. rechnet. Es könnte aber doch bey einer größern Winkelgeſchwindigkeit ein Körper ruhend ſcheinen. K.

ſcheinen jemanden, der geſchwinde durch einen Wald reitet oder fährt, die Bäume rückwärts ſich zu bewegen, ſo wie das Ufer jemanden, der in einem Schiffe ſitzt x).

Zum Schluſſe dieſer Anmerkungen bemühet ſich unſer Verfaſſer noch eine hieher gehörige Erſcheinung zu erklären, die zwar bekannt genug, aber doch, ſo viel er wußte, nicht vollkommen ins Licht geſetzet iſt. Nämlich wenn jemand ſich geſchwinde umdrehet, ohne von der Stelle zu gehen, ſo werden alle Gegenſtände um ihn herum ſich im Kreiſe gegenſeitig zu drehen ſcheinen, und zwar, welches eben das ſonderbare iſt, auch noch einige Zeit nachher, wenn er ſchon wieder ſtille ſteht. Erſcheinung, wenn man ſich geſchwinde umdrehet.

Das erſte iſt leicht zu erklären. Wenn wir unſer Auge für ruhend halten, ſo werden wir den Gegenſtänden die ganze Bewegung zuſchreiben, welche das Auge hat, ob ſie gleich unbeweget ſind; und wenn wir zwar wiſſen, daß das Auge ſich beweget, aber nicht glauben, daß es ſich beweget, als es wirklich thut, ſo werden wir bloß einen Theil der Bewegung dem Auge, den andern aber den unbewegten Gegenſtänden zuſchreiben. Das iſt hier der Fall. Es bleibt aber noch die Schwierigkeit übrig, warum, wenn das Auge ſchon wieder ſtillſtehend geworden iſt, die Gegenſtände dennoch in Bewegung zu bleiben ſcheinen, da doch ihre Bilder auf der Netzhaut ihre Stelle nicht verändern. Dieſes leitet er von einem Irrthume her, den man in Abſicht auf das Auge begeht, von welchem man, ungeachtet es völlig zur Ruhe gekommen iſt, dennoch glaubet, daß es ſich nach einer, ſeiner vorigen entgegengeſetzten Richtung noch bewege; darum ſcheinen die unbewegten Gegenſtände ſich nach derſelben Richtung, welche man dem Auge zuſchreibt, ſich zu bewegen, ungeachtet das Auge ſchon ſtillſtehend geworden iſt y).

Zuſatz des Ueberſetzers.

Herr d'Alembert hat in dem neunten Memoire ſeiner Opuſc. mathem. T. I. p. 265. Zweifel gegen verſchiedene optiſche Sätze gemachet, wovon die meiſten zu dem Inhalte des vorigen Kapitels gehören. Zuerſt machet er den Satz ſtreitig, daß die Gegenſtände in der Richtung des Strahles liegen, den ſie ins Auge ſenden. Denn die Richtung des Strahles, mit welcher er die Netzhaut trifft, ſey von der Richtung, mit welcher er ins Auge kömmt, unterſchieden; und man müſſe noch dazu die Wirkung eines ſchiefen Strahles in Abſicht auf die Netzhaut nach der ſenkrechten Linie auf dieſe ſchätzen, ſo daß die Sache gar nach dieſer zu liegen ſcheinen müßte. Hierüber ſtellet Hr. d'Alembert ſogar Rechnungen an, welche aber überflüßig zu ſeyn ſcheinen, weil wir, um von der Lage ſeitwärts gelegener Sachen zu urtheilen,

x) Porterfield on the eye, vol. 2, p. 422.

y) On the eye, vol. 2, p. 424. (Ich ſehe nicht, wie man dem Auge eine ſeiner vorigen Richtung entgegen geſetzte zuſchreiben möge. Die Urſache liegt wohl in dem Schwindel, der noch fortdauert, wenn man wieder ſtille ſteht, wobey die Empfindung des Sehens auf eine tumultuariſche Art fortgepflanzet wird, daß daher der Seele der vorige Zuſtand noch fortzudauern ſcheint, bis der Schwindel ſich geleget hat. Z.)

urtheilen, uns um die Neigung der Sehestrahlen gegen die Netzhaut gar nicht bekümmern mögen, sondern unsere alte Erfahrungen anwenden, nach welcher Richtung wir die Hand ausstrecken, stoßen, gehen, werfen mußten, um eine solche Sache zu treffen. Da diese Richtungen mit der Richtung der Sehestrahlen von der Sache her übereinkommen, so kann der alte Satz immer bleiben, ob wir gleich auch hier keine Winkel geometrisch, sondern sinnlich uns vorstellen.

Weiter untersuchet Herr d'Alembert auch die Frage von dem Orte eines durch Zurückwerfung oder Brechung gesehenen Bildes. Allenthalben findet er Schwierigkeiten, und beschließt damit, daß hierinn gar kein allgemeiner Grundsatz seyn möge; sondern daß der scheinbare Ort eines Bildes vermuthlich nach Maaßgabe unzählig vieler Umstände veränderlich sey, die man nicht anders als durch viele Erfahrungen, für welche sich doch vielleicht kein Hauptgesetz angeben ließe, möchte herausbringen können.

Darauf eröffnet er seine Gedanken, wie man die scheinbare Größe messen solt. Man muß auf einer Linie Theile abstecken lassen, die dem Augenmaße nach gleich sind, und diese Größe mit der wirklichen Größe der Theile vergleichen. Dadurch kann man die scheinbare Lage einer von dem Auge weglaufenden horizontalen Linie finden, und dieses giebt ihm Gelegenheit von scheinbar parallel laufenden Linien etwas zu sagen. Endlich kömmt er auch noch auf die scheinbare Größe eines durch Zurückwerfung oder Brechung gesehenen Bildes, wo er Smithen widerleget, und überhaupt saget, wir hätten von diesem Falle noch gar keine gründliche Theorie. Er beschließt seinen Aufsatz mit den Worten: dies sind die Zweifel, welche man gegen die gewöhnlichen Grundsätze der Optik erregen kann, woraus folget, daß in dieser Wissenschaft fast noch alles zu thun übrig ist. — So arg mag es doch wohl nicht seyn. Denn Herrn d'Alemberts Einwürfe gehen eigentlich nur unsere sinnliche Vorstellungen von Größe und Entfernung an, die freylich sich nicht immer nach einfachen geometrischen Gesetzen richten mögen. Unterscheidet man den **absoluten Ort** des Bildes eines Punctes, den nämlich, wo die Strahlen am dichtesten zusammen kommen, den **relativen Ort**, nämlich den, von welchem die Strahlen ins Auge kommen, und den **scheinbaren Ort**, von welchem sie herzukommen scheinen, so wird man den Schwierigkeiten ziemlich aus dem Wege gehen.

Siebentes Kapitel.

Von der Gestalt des Mondes beym Horizonte.

Die Gedanken der Alten von der Gestalt des Mondes, wenn er nahe beym Horizonte ist, sind schon zu Anfange dieser Geschichte erzählet, wo man gesehen hat, daß sie zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung einen guten Grund geleget haben. In den folgenden Zeiten, besonders in dieser letzten Periode, ist die Sache aber noch weit mehr ins Licht gesetzet worden, daß nunmehr zur vollständigen Erklärung nichts zu fehlen scheint.

Alhazen

Alhazen, ſo wie die meiſten Alten glaubten, daß die Sonne und der Mond nahe beym Horizonte deswegen ſo ſehr groß ausſehen, weil man ſie da für weit entfernter hält, als wenn ſie nahe bey dem Meridian ſind; und daß der Himmel in der Gegend des Horizontes darum von uns entfernter ſcheint, weil der Raum zwiſchen dem Horizont und dem Auge durch die vielen Gegenſtände auf der Erde eingetheilet wird. Hobbes ſetzte dieſe Erklärung in einigen Stücken noch mehr aus einander, wiewohl er doch auch bey der Anwendung der Geometrie auf dieſe Sache Fehlſchlüſſe machte. Er bemerket, daß dieſer Geſichtsbetrug allmählig vom Zenith bis zum Horizonte hin anwächſt, und daß, wenn man den ſcheinbaren Bogen des Himmels in gleiche Theile theilet, dieſe Theile einen deſto kleinern Winkel einnehmen werden, je weiter man nach dem Horizonte herunter kömmt. Auch war er der erſte, der die ſcheinbare Wölbung des Himmels als ein Stück einer Kugelfläche anſahe [a]). Erklärung der Alten.

Man möchte ſich wundern, daß eine ſo vernünftige Hypotheſe, wie dieſe, je hat wieder zurückgeſetzet werden können, beſonders da ſie von angeſehenen Schriftſtellern und ſo viele Jahre hindurch angenommen worden iſt. Allein man glaubte durchgehends, daß es nothwendig wäre, die Gegenſtände, welche den Raum zwiſchen dem Horizonte und dem Auge eintheilen, wirklich durch das Geſicht zu empfinden, wenn man ſich ihn ſo ſehr weit ausgedehnet vorſtellen ſollte, und dieſes Mißverſtändniß erzeugte verſchiedene Einwürfe. So glaubt der Pater Gouye die alte Meynung damit umzuſtoßen, weil der Mond längſt der Oberfläche der See hin eben ſo groß am Horizont erſcheint, da doch hier keine Gegenſtände ſind, welche die Vorſtellung der größern Entfernung erregen könnten [b]). Molyneux ſaget gleichfalls, wenn die gewöhnliche Erklärung richtig wäre, ſo könnte man ja zu jeder Zeit, auch wenn der Mond im Meridian wäre, ſeine ſcheinbare Größe vermehren: man dürfte nur, um den Raum zwiſchen ihm und dem Auge einzutheilen, längſt über einer Reihe von Schornſteinen, dem Rücken eines Hügels, oder dem Forſte eines Hauſes ihn betrachten. Er bringt auch den eben angeführten Einwurf des P. Gouye vor, und füget dieſem noch bey, daß ſelbſt alsdenn, wenn alle zwiſchen liegende Gegenſtände dem Geſichte entzogen werden, als wenn man durch eine Röhre den Mond anſieht, der Betrug der Einbildung nicht gehoben wird, weil man ſich dem ohngeachet den Mond ſo groß wie vorher vorſtellet. Darauf ſuchet er des Hobbes und Gaſſendi Erklärungen zu widerlegen, giebt aber ſelbſt dafür keine andere an [c]). Wird von einigen verworfen.

Dr. Deſaguliers zeiget, wie ſich die Frage von der Geſtalt des Mondes im Horizonte ſehr wohl beantworten laſſe, wenn man annimmt, der Himmel komme uns wie ein kleines Stück einer Kugelfläche vor, weswegen wir den Mond im Horizonte weiter von uns entfernet halten, als wenn er dem Zenith nahe iſt; er machet auch durch einige ſinnreiche Verſuche begreiflich, wie leicht wir uns in ſolchen Fällen Deſaguliers Erläuterungen.

a) Robin's Tracts, vol. 2, p. 241, 244.
b) Mem. de l'Ac. de Paris 1700, p. 11.
c) Phil. Trans. ab. vol. 1, p. 221.

len betrügen. Als er setzte in Gegenwart einiger Personen zwey gleich große Lichter beträchtlich weit von einander, welche, da die Entfernung deutlich in die Augen fiel, ihnen allen gleich groß aussahen. Während daß er die Zuschauer mit etwas andern beschäfftigte, ließ er das entferntere Licht wegnehmen, und setzte dagegen, auf eben der Linie, auf welcher sie es gesehen hatten, ein anderes viel kleineres, aber den Zuschauern näher. Diese, welche zwar wußten, daß man ein anderes Licht genommen hatte, aber glaubten, daß es auf derselben Stelle stünde, wo das erste gestanden hatte, thaten immer den Ausspruch, daß es so groß wäre als das andere. Mit eben dem Erfolge machte er diesen Versuch, wenn er elfenbeinerne Kugeln statt der Lichter nahm [d]).

Smiths Erklärung.

Am vollständigsten ist diese Frage vom Dr. Smith erörtert, der, ohne daran zu denken, wie es scheint, daß jemand vor ihm schon was gutes darüber gesaget haben möchte, die alte Erklärung wieder hervorzog, nachdem er vorher des Bischoffs Berkley Hypothese insbesondere widerleget hatte, daß der Mond wegen seines trüben Ansehens und schwachen Lichtes im Horizonte größer aussehe [e]). Weil Smiths Erklärung sehr ausführlich und befriedigend ist, und er noch sonst verschiedene artige Erläuterungen in dieser Sache hinzugefüget hat, so will ich seine Gedanken ziemlich umständlich vortragen.

Wäre die Oberfläche der Erde eine vollkommene Ebene, so würde, saget er, der sichtbare Theil derselben nicht viel weiter, als etwa 5000mal die Höhe des Auges über dem Erdboden sich erstrecken, das ist etwa auf 5 englische Meilen weit, wenn man die Höhe des Auges zwischen 5 und 6 Fuß setzet, und alles, was sich darüber hinaus befände, würde in dem sichtbaren Horizont zu liegen scheinen. Wenn man sich also jenseits der Gränze der sichtbaren Entfernung eine große Mauer aufgeführet vorstellet, so wird diese nicht gerade sondern kreisrund erscheinen, als wenn sie auf dem Umfange des Horizontes stünde, und wird, wenn sie ohne Ende weit fortgeht, vollkommen die Gestalt eines Halbkreises bekommen. Wenn nun diese Kreisfläche mit der Mauer darauf in Gedanken in die Höhe gerichtet wird, daß sie senkrecht auf die Horizontalebene zu stehen kömmt, so wird die Mauer wie die Wölbung der Wolken über eines Haupte aussehen. Wiewohl nun die Mauer, wenn sie auf dem Horizonte steht, einem Halbkreise gleicht, so wird sie dennoch als Gewölbe über unserm Kopfe nicht so, sondern flächer erscheinen, weil die horizontale Ebene eine sichtbare Fläche war, welche die Vorstellung von einerley Entfernung rings herum erregte; da hingegen in der senkrechten Ebene zwischen dem Auge und dem Gewölbe nichts vorhanden ist, was die Vorstellung von gewissen Theilen erwecken könnte. Darum werden die scheinbaren Entfernungen der Theile des Gewölbes in die Höhe hinauf allmählig abnehmen. Ist nun der Himmel ganz mit Wolken von gleicher Schwere bedeckt, so werden sie alle in der Luft in gleichen Höhen über der Erde schweben, und also eine Fläche wie ein großes Gewölbe bilden, die so flach ist, wie die sichtbare Erdfläche. Ihre Höhlung ist also nicht wirklich, sondern nur

d) Phil. Transf. ab. vol. 8. p. 130.

e) Smiths Optik, S. 418.

nur ſcheinbar *f*); und wenn die Höhen der Wolken ungleich ſind, ſo kann das Auge, da man von ihrer wahren Geſtalt und Größe nichts weis, ſelten die ungleichen Entfernungen der Wolken bemerken, die nach derſelben Gegend hin erſcheinen, ſie müßten denn uns ſehr nahe ſeyn und von entgegengeſetzten Winden getrieben werden. In beyden Fällen bleibt alſo die Geſtalt der ſcheinbaren Fläche des Himmels dieſelbe. Iſt der Himmel nur zum Theil mit Wolken bedecket, oder ganz frey davon, ſo lehret die Erfahrung, daß wir von der Höhlung deſſelben uns noch eben den Begriff machen, als wie er völlig bezogen war. Hält jemand die Zurückwerfung des Lichtes von der bloßen Luft dazu für hinlänglich, ſo will er ihm dies nicht ſtreitig machen.

Die Höhlung des Himmels ſcheint dem Auge, das allein die ſcheinbare Geſtalt beurtheilet, ein kleineres Stück einer Kugelfläche, als eine Halbkugel, oder welches daſſelbe iſt: der Mittelpunct dieſer Wölbung liegt weit unter dem Auge, ſo daß, wie er durch ein Mittel aus mehrern Beobachtungen fand, die ſcheinbare Entfernung der Theile nahe am Horizonte ohngefehr drey bis viermal größer iſt, als die Entfernung der Theile, die ſich über dem Scheitel befinden. Das Mittel, wie er dieſes herausbrachte, war, daß er die wahre Höhe einiger Himmelskörper maaß, wenn ſie ihm in der Mitte zwiſchen dem Horizonte und dem Scheitelpuncte zu ſtehen ſchienen. Alsdenn war ihre Höhe nur 23 Grad. War die Sonne 30 Grad hoch, ſo ſchien der öbere Bogen immer kleiner als der untere, und größer, wenn die Sonne 18 bis 20 Grad hoch ſtand.

Hieraus zieht Dr. Smith eine vollkommene Erklärung der Erſcheinung des Mondes am Horizonte und anderer ähnlicher Ereigniſſe am Himmel. Denn es ſtelle der Bogen A B C die Hälfte der ſcheinbaren Höhlung des Himmels vor, und fig. 118. der Mondskörper befinde ſich auf dem um O beſchriebenen Viertelskreiſe in einer der abgezeichneten Stellen, immer von derſelben Größe. Die ungleichen Monden auf der Höhlung A B C werden von den Sehelinien begränzet, die von dem Umfange des wahren Mondes in dieſen Höhen in das Auge bey O kommen. Die Durchmeſſer dieſer ungleichen Monden bey A und B verhalten ſich alſo wie die ſcheinbaren Entfernungen O A, O B, und müſſen uns vorkommen, als hätten ſie wirklich das Verhältniß der Stücken, welche ſie auf der ſcheinbaren Höhlung des Himmels einnehmen, weil wir alle Gegenſtände am Himmel an keine andere Stelle als an dieſe Höhlung ſetzen. Es dünket dem Auge vollkommen ſo, als wenn verſchiedene Monden auf einer wirklichen Fläche A B C in den angegebenen Verhältniſſen gemahlet wären, in welchem Falle es ſicherlich die wirklichen Größen der größer gemahlten Monden an den niedrigern Theilen der Fläche für größer halten würde, ob

f) Wenn man die Wolken bis auf 4000 Fuß über der Erdfläche in gleicher Entfernung von dem Mittelpuncte der Erde ſetzet, ſo ſehen wir von ihrer Wölbung nur einen Bogen von 1 Gr. 9 M. vom Zenith bis zum Horizont, und, wenn man ſich ſelbſt bis zu 20000 Fuß in die Höhe ſetzte, nur einen Bogen von 2 Gr. 34 M. Deswegen machen die Wolken wirklich, ſo weit wir ſie ſehen, nur ein plattes Gewölbe über unſerm Kopfe aus. K.

gleich aller ihre sichtbaren Größen einerley seyn würden, weil ihre Bilder auf der Netzhaut gleich sind. Die Verhältnisse der scheinbaren Entfernungen oder Durchmesser in verschiedenen Höhen hat Smith in neben stehender Tafel angegeben, welche die Figur genau dem Auge darstellet. Sie ist aus der Voraussetzung berechnet, daß die beyden Theile der Höhlung AB, BC gleich scheinen, wenn der Winkel AOB 23 Grad groß ist.

Höhen der Sonne oder des Mondes in Graden.	Scheinbare Durchmesser oder Entfernungen.
00	100
15	68
30	50
45	40
60	34
75	31
90	30

Bestätigung. Aus eben dem Grunde, führet unser Verfasser an, müssen alle andere Gegenstände und Entfernungen der Sterne am Himmel, so gut wie die Sonne und der Mond in der Nähe des Horizontes größer scheinen, als sie es thun, wenn sie höher stehen, wie es auch aus der Erfahrung ganz wohl bekannt sey. Daraus leitet er noch eine andere Probe her, sich von der Richtigkeit seiner Angabe, wie die scheinbaren Größen des Mondes sich verhalten, zu versichern. Man soll zween nahe Sterne aussuchen, in einer so großen Höhe als möglich, die so weit von einander entfernet scheinen als jene beyde; darauf soll man ihre wahre Entfernung von einander, entweder auf der Sternkugel, auf der Karte, oder durch Rechnung suchen, so werde man finden, daß die Sterne nahe am Horizonte einander viel näher sind, als man sie durch Vergleichung mit den höher stehenden geschätzet hatte.

Aehnliche Erscheinung am Regenbogen und an Höfen. Er bemerket auch noch, daß wegen dieser scheinbaren Gestalt der Wölbung des Himmels die farbichten Streifen beyder Regenbogen und ihre Entfernungen von einander unten größer als oben aussehen. Nach der Schätzung der Breite des innern Regenbogens in zwo verschiedenen Höhen, die ihm von einem Freunde mitgetheilet wurden, fand er die scheinbare Gestalt des Himmels fast eben so wie nach den obigen Methoden. Hieraus erklärte er auch, daß ein Hof um die Sonne oder den Mond nicht kreisrund und concentrisch mit diesen Körpern, sondern länglicht rund und excentrisch aussieht, so daß der längste Durchmesser auf dem Horizonte senkrecht steht, und sich von dem Monde weiter niederwärts erstrecket, wie Newton einen solchen beschreibt g).

Diese Theorie von der Gestalt des Mondes am Horizonte wird ferner durch die Erscheinungen der Kometenschweife bestätiget, als welche allemal, was auch ihre wahre Figur, Größe und Lage seyn mag, wie ein Bogen an dem scheinbaren Himmelsgewölbe aussehen. Zur mehrern Bestätigung führet er noch des Dr. Cotes Erklärung eines merkwürdigen von ihm gesehenen Meteors an.

Erläuterung durch einen Versuch. Zu dieser Erklärung der Gestalt des Mondes im Horizonte, welche uns Smith gegeben, muß ich noch seine Beschreibung von einer völlig ähnlichen Erscheinung hinzu-

g) Smith's Opticks, vol. 1. p. 63. (d. d. A. S. 54.)

hinzufügen, da die ſcheinbare Größe mit der ſcheinbaren Entfernung ſich verändert, und der Sehewinkel doch immer derſelbe bleibt. Man klebe eine Oblate auf ein Kartenblatt, daß auf einem Bretgen befeſtiget iſt, oder nehme dafür einen andern runden deutlichen Flecken, deſſen Durchmeſſer wenigſtens drey- bis viermal kleiner iſt, als der Durchmeſſer des Converglaſes, wodurch man es betrachten will. Dieſes Glas werde von dem Gegenſtande genau um ſeine Brennweite entfernet. Man gehe ſo weit zurück, bis die Oblate, die man genau dahinter ſieht, die Oeffnung des Glaſes völlig oder faſt auszufüllen ſcheint. Nun ſtelle man ſich unter dieſer ſcheinbaren Größe und Entfernung der Oblate die ſcheinbare Größe und Entfernung des Mondes im Horizonte vor; und man wird finden, daß die ſcheinbare Größe der Oblate, ſo wie man allmählig dem Glaſe ſich wieder nähert, in gleichem Verhältniſſe mit ihrer ſcheinbaren Entfernung abnimmt. Dieſe beyde Erſcheinungen kommen, ſaget er, in demjenigen Umſtande überein, der einzig und allein die Schwierigkeit bey der Erklärung der Geſtalt des Mondes ausmacht: nämlich, daß die Sehewinkel, unter welchen die Oblate und der Mond geſehen werden, unverändert bleiben. Er konnte auch nicht finden, daß beyde Erſcheinungen in irgend einem Umſtande nicht übereinkämen, weil die durch das Linſenglas kommende Strahlen das Auge nicht anders rühren, als wenn ſie gerade durch ein ebenes Glas von einer gleich dahinter befindlichen zunehmenden oder abnehmenden Oblate gekommen wären *h*).

Hebung eines Einwurfs.

Gegen die Smithiſche Erklärung ließe ſich einwenden, daß der Mond von der Spitze eines Berges betrachtet größer ausſehen müßte, als auf der Ebene, weil man von oben mehr überſieht, welches, wie Smith ſelbſt glaubt, der Erfahrung zuwider ſeyn möchte. Aber, ſaget er, ein jeder Anblick des Mondes und des Horizontes zuſammen, kann nicht ſowohl für ſich allein die Vorſtellung einer gewiſſen beſtimmten Größe ihrer Scheibe von neuem hervorbringen (dazu iſt unſer Schätzungsvermögen zu ſchwach und unzuverläßig); ſondern erwecket in uns vielmehr eine alte eingewurzelte Vorſtellung, die aus einer vielfältigen Betrachtung mancherley Monden und horizontaler Ausſichten entſtanden iſt. Unſer Begriff von der Größe des Mondes im Horizonte iſt alſo ein Mittel, aus allen unſern Beobachtungen genommen, und ſitzt in unſerer Seele ſo feſte, daß er durch eine einzelne Beobachtung nicht verändert, ſondern beſtätiget wird. Eben dieſes läßt ſich von unſerer Vorſtellung des Mondes in jeder beſondern Höhe ſagen. Dieſe alten Begriffe bleiben uns gegenwärtig, wenn wir auch den Horizont, und ſelbſt den Himmel herum

h) Smith's Opticks, Remarks, p. 49. (d. d. A. S. 413. Es iſt noch ein Umſtand übrig, worinn ſie nicht übereinkommen. Man refleriret die Oblate zugleich auf die Oeffnung des Glaſes. Je näher man dem Glaſe kommt, deſto größer wird das Geſichtsfeld. Die ſcheinbare Größe der Oeffnung bleibt dieſelbe, alſo muß die Oblate kleiner ſcheinen. Ob ſie dem Auge näher komme, darüber blieb ich bey dem Verſuche, da ich ihn nachmachte, ungewiß. Buchſtaben ſchienen mir vergrößert, aber in jeder Lage des Auges ohngefehr dieſelben, bis ſie undeutlich wurden und Farben ſpielten, weil ich nur die um den Rand des Glaſes durchgehende Strahlen bekam. K.)

nicht sehen, als wenn man den Mond durch ein Rohr betrachtet. Wenn es sich unter vielen Fällen einmal, wiewohl selten, zuträgt, daß das Bild des horizontalen Mondes durch gewisse Ursachen merklich verändert wird, so wird eine so stark wirkende Ursache unsern alten Begriff von der gewöhnlichen Größe des Mondes verändern, wie man sich begreiflich machen kann, wenn man den Mond durch ein Brillenglas betrachtet, das man etwas vom Auge beweget *i*).

Aehnlichkeit des Himmels mit einer Muschellinie.

Herr Folkes, dem Dr. Smith seine Bestimmung der scheinbaren Gestalt des Himmels mittheilte, erinnerte dabey, daß ihm der Himmel oft wie eine Muschellinie ausgesehen hätte, worinn Smith ihm auch Beyfall gab, wiewohl er glaubet, daß das Verhältniß der scheinbaren Entfernungen nach dem Scheitelpuncte und dem Horizonte hin, und die Art sie zu bestimmen, dadurch nicht merklich verändert werden *k*).

Daß der Mond dennoch zu verschiedenen Zeiten in eben dem Horizonte von sehr verschiedener Größe und bisweilen außerordentlich groß aussieht, gesteht Dr. Smith ein, leitet es aber von einer starken Vergrößerung des Bildes auf der Netzhaut her, welches in der obigen Theorie als unveränderlich angenommen ward. Am besten ließe sich dieses, wie er glaubet, ausmachen, wenn man den Durchmesser des Mondes mittelst eines Mikrometers beobachtete, oder in dessen Ermangelung nur die Zeit mit dem Stande der Wettergläser bemerkete. Denn sollte alsdenn sich zeigen, daß der Mond im Horizonte am größten scheint, wenn er in der Erdnähe ist, in den wärmsten Sommerabenden, bey niedrigem Barometer, so möchte man, da diese Ursachen keine mit der andern zusammenhiengen, und jede das ihrige beyträgt, das Bild größer zu machen, mit Grunde daher schließen, daß das große Aussehen des Mondes hauptsächlich der Zusammenstimmung dieser drey Ursachen zuzuschreiben ist *l*). Weil aber doch die scheinbare Größe des Mondes in der Erdnähe nicht um $\frac{1}{10}$ des Ganzen vermehret wird, und die Vergrößerung des Bildes in allen den andern hier angeführten Fällen zu unbeträchtlich ist, so muß wohl, wenn der Mond ungewöhnlich groß aussieht, ein Betrug der Einbildung durch andere nicht bemerkte Umstände vorgehen.

Zusatz des Uebersetzers.

Der Mond erscheint aber doch in andern Phasen, so viel ich weis, am Horizonte nie vergrößert, wie er es nach Smiths Erklärung thun müßte. Zweytens, es wird zwar von allen angenommen, daß der Mond am Horizonte entfernter scheine, als in der Höhe; verschiedene aber, die ich um ihre Empfindung befraget, versichern das Gegentheil, und ich möchte selbst ihnen wohl beytreten. Denn wenn gleich der Wolken- oder der blaue Lufthimmel wie ein gedrucktes Kugelgewölbe erscheint,

i) Remarks, p. 54. (D. d. A. S. 417.) *k*) Ibid. p. 52.
l) Ibid. p. 53.

scheint, so folget doch nicht, daß wir die scheinbaren Größen der Mondsscheibe am Horizonte und im Meridian nach dem Verhältnisse der scheinbaren Größe der Stellen, welche sie an dem Himmelsgewölbe einnimmt, schätzen, weil wir zween Monden nicht zu gleicher Zeit an diesen Stellen sehen, und weil es noch nicht ausgemachet ist, daß wir den Mond just an das scheinbare Luftgewölbe setzen.

Wenn nicht der zuerst angeführte Grund im Wege stünde, so hätte ich mehr Lust der vom Hrn. von Haller *) gegebenen Erklärung beyzutreten, die sich darauf gründet, daß überhaupt Körper in der Höhe kleiner scheinen, als auf der Ebene. Denn ich glaube wohl, daß ein Knopf auf einem hohen Thurme, wenn er auf die Ebene herunter gebracht würde, größer erscheinen möchte als er in der Höhe schien. Man hat nämlich auf der Ebene oft Gelegenheit, denselben Körper sowohl nahe als ferne zu betrachten, und daher präget sich ein gewisses sinnliches Bild von seiner Größe der Seele ein, wie sie es in einer bequemen Entfernung gefasset hat, so daß wir deswegen überhaupt die Körper auf der Ebene für größer zu halten gewohnt seyn mögen, als sie uns in der Höhe in eben der Entfernung vorkommen würden. Mit der größern scheinbaren Größe verbinden wir zugleich den Begriff der kleinern Entfernung.

Man müßte noch den Versuch machen, eine brennende Fackel sowohl in der Dämmerung als bey dunkler Nacht zu betrachten, um zu sehen, wie ihre scheinbare Größe und Entfernung sich in beyden Fällen verhielten. Wiewohl, wenn es an der Dämmerung läge, der Mond in jeder Phase zur Zeit der Dämmerung größer erscheinen müßte.

In dem dritten Theile der Briefe an eine deutsche Princessinn S. 317 ff. ist diese Frage umständlich abgehandelt. Weil die Himmelskörper, saget der Verfasser, am Horizonte dunkler erscheinen, als in der Höhe, so scheinen sie uns entfernter, und dies ist zugleich die Ursache, warum der Himmel uns als ein plattgedrucktes Gewölbe erscheint.

Achtes Kapitel.

Verschiedene Arten Gesichtsbetrüge.

Mancherley Gesichtsbetrüge sind schon in den vorhergehenden Kapiteln angeführet und erkläret worden, und einige von denen, die in diesem Kapitel abgehandelt werden sollen, hätten auch wohl in den obigen schon ihren Platz finden können: weil ich aber nichts unter eine Ueberschrift bringen wollte, das nicht ganz offenbar darunter gehörete, so habe ich dergleichen Anmerkungen für ein Kapitel von vermischtem Innhalte versparet, das wegen einiger merkwürdigen Materien, dem Leser, wie ich hoffe, etwas Unterhaltung verschaffen soll.

Merkwürdige Fragen das Sehen betreffend.

Hr. Molyneux gab eine Frage, das Sehen betreffend, auf, die viel Aufsehen und Streit unter den Optikern und Metaphysikern erreget hat. Sie ist diese, ob

*) Physiol. T. 5. p. 521.

ob ein Blindgebohrner, der durch das Gefühl einen Würfel und eine Kugel von einander unterscheiden gelernet hat, beyde durch den bloßen Anblick unterscheiden würde, wenn er sein Gesicht wieder bekäme. **Molyneux** selbst beantwortet diese Frage mit Nein, und **Locke** tritt seiner Meynung bey, aus dem Grunde, weil die durch das Gesicht und Gefühl erhaltenen Vorstellungen keine natürliche Verbindung mit einander haben, sondern bloß durch eine willkührliche Vergesellschaftung der Begriffe, wie Worte mit den bezeichneten Sachen, verknüpfet sind *a*). Allein Dr. **Jurin** erinnert dagegen, daß der Blindgewesene, dem man beyde Körper zeiget, und saget, daß einer der Würfel, der andere die Kugel sey, woferne er anders um sie herumgehen darf, bey genauer Betrachtung finden muß, daß die Kugel das Gesicht von allen Seiten auf einerley Art rühret, wie sie es bey dem Anfühlen that; dagegen der Würfel von verschiedenen Seiten befühlet oder gesehen, sich sehr verschieden zeigen muß: daher er also im Stande seyn müsse zu entscheiden, welches der Würfel und welches die Kugel sey *b*).

Ich kann nicht umhin, Jurins Beantwortung der Frage beyzutreten. Die Bilder auf der Netzhaut geben zwar sicherlich keinen Begriff von etwas anderm, als von ebenen Flächen; sie sind aber doch so gut von einander unterschieden, wie die vorgestellten Flächen selbst, die man also deshalb von einander muß unterscheiden können. Man muß sehen können, daß ein Kreis kein Quadrat ist, ob man gleich ein Quadrat nicht von einem Würfel, oder eine flache Scheibe von einer Kugel zu unterscheiden im Stande seyn mag, wenn man nicht ihre verschiedenen Erscheinungen in verschiedenen Lagen aufmerksam betrachtet.

Geschichte eines Sehendgewordenen.

Da **Cheſſeldens** Nachricht von dem jungen Menschen, dem er den Staar gestochen, über diesen Punct oft angeführet wird, so würde ich ein wichtiges Beweisstück weglassen, wenn ich sie hier nicht anführen wollte, welches ich also mit seinen eigenen Worten, wie Smith es auch gethan hat, herſetzen will. Ich entschließe mich dazu um desto lieber, weil diese Nachricht in andern Absichten mit meiner Materie sehr zusammenhängt, und sie nicht anders als sehr unterhaltend für meine Leser seyn kann.

Obgleich dieser junge Mensch **blind** war, wie man alle Leute nennt, die reife Staare haben, so sind sie darum doch nicht so blind, daß sie nicht Tag und Nacht unterscheiden könnten. Meistens unterscheiden sie bey starkem Lichte schwarz, weiß und Scharlach, erkennen aber die Gestalt der Sachen nicht. Denn das Licht, dadurch sie diese Empfindungen bekommen, fällt schief durch die wässerichte Feuchtigkeit auf die Vorderfläche der Krystallenlinse, so daß die Strahlen sich nicht auf einem Puncte der Netzhaut vereinigen können. Daher können sie die Sachen nicht anders von einander unterscheiden, als ein gesundes Auge, das durch eine Gallerte voll Risse sähe, wo eine Mannichfaltigkeit von Flächen das Licht auf eine so verschiedentliche Art bricht, daß die verschiedenen Strahlenkegel nicht können in ihre gehörigen

a) Eſſai concerning human underſtanding, B. 2, ch. 9. §. 8. K.

b) Smith's Opticks, Remarks, p. 27 (d. d. A. S. 39, 394.)

rigen Vereinigungspuncte geſammelt werden; daher auf ſolche Art ſich wohl die Farbe aber nicht die Geſtalt der Sachen erkennen läßt. So verhielt es ſich auch mit dieſem jungen Menſchen; er kannte die Farben bey ſtarkem Lichte, aber nachdem ihm der Staar geſtochen war, reichten die ſchwachen Begriffe, die er zuvor von ihnen gehabt hatte, nicht zu, ſie ihm noch kenntlich zu machen, und er hielt ſie daher nicht für dieſelben, die er zuvor unter dieſem Namen gekannt hatte. Scharlach ſchien ihm unter allen Farben die ſchönſte, und die lebhafteſten unter den übrigen gefielen ihm am beſten. Da er zum erſtenmale ſchwarz ſahe, war es ihm ſehr zuwider; doch wurde er es bald gewohnt, wiewohl er, da er einige Monate darauf eine Mohrinn zu ſehen bekam, gewaltig erſchrack.

Anfangs, nachdem er ſein Geſicht bekommen hatte, wußte er ſo wenig von Entfernungen zu urtheilen, daß er ſich vielmehr einbildete, alle Sachen, die er ſähe, berühreten ſeine Augen, wie das, was er fühlte, ſeine Haut. Keine Sachen waren ihm ſo angenehm, als glatte und ordentliche, ob er wohl von ihrer Geſtalt nicht urtheilen oder errathen konnte, was ihm in einer Sache gefiele. Er machete ſich keinen Begriff von der Geſtalt einer Sache, unterſchied auch keine Sache von andern, ſo verſchieden ſie auch an Geſtalt und Größe waren; wenn man ihm aber ſagte, was das für Dinge wären, die er zuvor durchs Gefühl erkannt hatte, ſo betrachtete er ſie ſehr aufmerkſam, um ſie wieder zu kennen; weil er aber auf einmal zu viel Sachen zu lernen hatte, vergaß er immer wieder viel davon, und lernete, wie er ſagte, in einem Tage tauſend Dinge kennen, und vergaß ſie wieder. Zum Exempel, er hatte oft vergeſſen, welches die Katze und welches der Hund war, und ſchämte ſich weiter darum zu fragen, fieng alſo die Katze, die er durch das Gefühl kannte, betrachtete ſie ſehr genau, ſetzete ſie nieder, und ſagte: So Miezchen, nun will ich dich ein andermal kennen. Er verwunderte ſich ſehr, daß die Sachen, die ihm mittelſt des Gefühls am beſten gefallen hatten, nicht auch ſeinem Geſichte am angenehmſten waren; er hatte erwartet, die Perſonen, denen er am meiſten gewogen war, ſollten am ſchönſten ausſehen, und was ihm am beſten ſchmeckte, auch am beſten in die Augen fallen. Man glaubte, er würde bald verſtehen lernen, was Gemälde vorſtelleten, es zeigete ſich aber das Gegentheil. Denn zween Monate, nachdem ihm der Staar geſtochen war, machete er plötzlich die Entdeckung, daß ſie Körper, Erhöhungen und Vertiefungen vorſtelleten; bis dahin hatte er ſie nur als buntſcheckichte Flächen angeſehen. Dabey aber erſtaunete er nicht weniger, daß ſich die Gemälde nicht ſo anfühlen ließen, wie die Dinge, welche ſie vorſtelleten, und daß die Theile, welche durch ihr Licht und Schatten rund und uneben ausſahen, flach, wie die übrigen anzufühlen waren. Er fragete, welcher von ſeinen Sinnen ihn betröge, das Gefühl oder das Geſicht.

Als man ihm ſeines Vaters Bild in einem Angehänge an ſeiner Mutter Uhr zeigete, und ihm ſagte, was es wäre, erkannte er es für ähnlich, wunderte ſich aber ſehr, daß ein großes Geſicht ſich in einem ſo kleinen Raume vorſtellen ließ, welches ihm, wie er ſagte, ſo unmöglich würde geſchienen haben, als einen Scheffel in eine Metze zu bringen.

Anfangs konnte er wenig Licht vertragen, und hielt alles, was er sahe, für ungemein groß; als er aber größere Sachen sahe, hielt er jene für kleiner, weil er sich gar keine Linien außerhalb des Umfanges, den er sahe, vorstellen konnte. Daß das Zimmer, worinne er wäre, ein Theil des Hauses sey, sagte er, wüßte er wohl, könnte aber nicht begreifen, wie das ganze Haus größer als das Zimmer aussehen könnte. Ehe ihm der Staar gestochen wurde, versprach er sich wenig Vortheil vom Sehen, der ihn reizen könnte, sich der Operation zu unterwerfen, ausgenommen Lesen und Schreiben; denn, sagte er, er glaubte, er könnte doch nicht mehr Vergnügen vom Spatzierengehen im Garten haben, welches er bey seiner Blindheit ohne Anstoß verrichten konnte. Ja die Blindheit hatte ihm auch den Vortheil gebracht, daß er nachdem im Finstern viel besser allenthalben herum gehen konnte, als einer, der sein Gesicht beständig gehabt hatte. Er behielt diesen Vortheil noch einige Zeit, und verlangte nicht leicht ein Licht, im Hause bey Nacht herum zu gehen. Jede neue Sache, sagte er, wäre eine neue Ergötzung für ihn, und sein Vergnügen war so groß, daß er es nicht auszudrücken vermochte. Seine Dankbarkeit gegen den, der ihm das Gesicht verschaffet hatte, war außerordentlich; er konnte ihn eine Zeitlang nicht ohne Freudenthränen und andere Beweise seiner Zuneigung ansehen. Ein Jahr nachdem er sein Gesicht wieder erhalten hatte, brachte man ihn auf die Dünen von Epsom, wo er eine weite Aussicht hatte: diese ergötzete ihn gar sehr, und war ihm, wie er sagte, eine neue Art von Sehen. Als ihm der Staar an dem andern Auge gestochen ward, kamen ihm, wie er sagte, die Sachen mit diesem Auge größer vor, doch nicht so groß, als sie ihm Anfangs mit dem ersten erschienen. Wenn er einerley Sache mit beyden Augen ansahe, so kam sie ihm etwa noch einmal so groß vor, als mit dem zuerst erhaltenen allein; aber doppelt sahe er nichts, so viel man entdecken konnte.

Herr Chesselden hat noch verschiedenen andern zu ihrem Gesichte verholfen, die sich nicht erinnerten, jemals gesehen zu haben. Sie gaben alle von der Art, wie sie **sehen lernten**, denselben Bericht, wie jener junge Mensch, nur nicht so umständlich; und hatten alle das gemein, daß sie ihre Augen nicht zu bewegen wußten, weil sie nie Gelegenheit dazu gehabt hatten. Endlich lerneten sie es, doch langsam c).

Anmerkung von dem einfach sehen.

Am sonderbarsten ist es, daß nach dieser Erzählung die Sachen nicht doppelt erschienen sind, da diese Personen sie zum erstenmale mit beyden Augen angesehen haben, ungeachtet aus andern Gründen zu erhellen scheint, daß wir bloß mittelst einer schnellen Vergesellschaftung der Begriffe, die durch eine öftere Erfahrung entsteht, eine Sache als einfach erkennen, ungeachtet in jedem Auge ein Bild derselben vorhanden ist. Dr. **Reid**, der, wie wir oben gesehen haben, anderer Meynung ist, vergißt nicht sich diese von Chesselden angeführte Bemerkungen zum Vortheil seiner Hypothese zu Nutze zu machen.

Wie eine Sache verkehrt erscheinen könne.

Einen artigen Gesichtsbetrug, da eine Sache auf der andern Seite eines Brettes, als wo sie wirklich ist, und dabey sowohl vergrößert als verkehret zu seyn scheint,

c) Smith's Optiks, vol. 1, p. 42. (d. d. A. S. 40.)

ſcheint, erkläret le Cat ganz richtig. Die Sache iſt folgende. Es ſey D das Auge, und CB ein groſſes ſchwarzes Brett, mit einem kleinen Loche in der Mitte. E iſt ein groſſes weiſſes Brett vor jenem, das ſtark erleuchtet wird, und d eine Nadel oder eine andere kleine Sache, welche zwiſchen dem Auge und dem erſten Brette gehalten wird. Unter dieſen Umſtänden wird man die Nadel jenſeits des Brettes in F ſetzen, und ſie für umgekehret und vergröſſert halten. Denn was man eigentlich empfindet, iſt der Schatten der Nadel auf der Netzhaut, und das Licht, was von dem obern Ende der Nadel aufgefangen wird, kömmt von dem untern Theile der weiſſen Tafel her, ſo wie das von dem untern Ende aufgefangene Licht von dem obern Theile der Tafel herkömmt, weswegen der Schatten nothwendig in einer verkehrten Lage, in Abſicht auf die Sache, empfunden werden muß [d]). fig. 119.

Scheinbare Anſchwellung einer Sache.

Noch eine merkwürdige Erſcheinung beym Sehen, die einige von der Beugung des Lichtes hergeleitet haben, welche aber Melville auf eine ganz andere und zwar ſehr natürliche Art erkläret, iſt folgende. Man halte einen undurchſichtigen Körper drey oder vier Zoll vom Auge, ſo daß man einen Theil eines entferntern hellen Gegenſtandes, als eines Fenſters, oder einer Lichtflamme, durch Strahlen ſieht, welche nahe bey dem Rande jenes Körpers vorbey fahren, und führe nur von der andern Seite, näher bey dem Auge, einen andern Körper auf jenen zu, ſo wird der Rand des erſten ſich ausdehnen und dem andern entgegen zu kommen ſcheinen, und dabey wird ein Theil des hellen Körpers, das man vorher ſahe, dem Auge entzogen werden.

Seine Erklärung iſt folgende: Es ſey AB der helle Gegenſtand, auf welchen man die Augen gerichtet hat, CD der entferntere undurchſichtige Körper, GH der nähere, und EF die Weite der Oeffnung des Auges. Man ziehe ED, FD, EG, FG, und verlängere ſie bis an AB, in K, N, M und L. Die Theile AN, MB des hellen Gegenſtandes können alſo nicht geſehen werden. Aber ein Punct a zwiſchen N und K wird geſehen, da er, wenn man aDd zieht, den Theil dF der Augenöffnung mit Lichte erfüllet. Ein anderer Punct b zwiſchen a und K erfüllet mit ſeinen Strahlen einen noch gröſſern Theil fF der Augenöffnung, und erſcheint deswegen heller als jener, und noch heller ein Punct c, der noch näher nach K hin liegt, weil er einen noch gröſſern Raum gF der Oeffnung des Auges mit Lichte erfüllet. Am hellſten erſcheinen die Puncte von K bis L, weil die Strahlenkegel von ihnen, wie EKF, ELF das ganze Auge einnehmen. Auf der Seite von L nach M nimmt die Helligkeit eines jeden Punctes eben ſo allmählig ab, wie von K nach N; das heißt, die Räume KN, LM werden als trübe, ſchattichte Säume zunächſt an den Rändern der undurchſichtigen Körper CD, GH, erſcheinen. fig. 120.

Wird nun der Rand G bis an die Linie KF gebracht, ſo fallen die beyden Halbſchatten in eins, und ſobald er die Linie NDF berühret, fängt ſich die vorhin beſchriebene Erſcheinung an zu zeigen, weil er nicht darüber hingehen kann, ohne

d) Traité des Sens, p. 298 (S. dieſ. Verſuch ſchon Scheinern zugeſchrieben Ueberſ. 1 Th. 158 S. Ich finde, daß dieſer wird. K.

eine Linie, wie a D d, von einem Puncte zwiſchen N und K zu treffen, und daher dieſen Punct zu verdecken. Solchergeſtalt wird bey weiterm Fortrücken, ein Punct nach dem andern, wie b, c, etc. von N nach K zu allmählig verdecket werden, und daher wird der Rand des unbewegten Körpers C D ſich nach außen hin auszudehnen, und den ganzen Raum N K zu verdecken ſcheinen, während daß G H durch ſein Fortrücken den Raum M K verdecket. Wird G H etwas weiter vom Auge gehalten, ohne den Ort von C D zu ändern, ſo iſt der Raum O P, durch den G H gehen muß, um N K zu verdecken, kleiner als vorher, und daher muß, bey einerley Bewegung von G H, die ſcheinbare Ausdehnung von C D geſchwinder erfolgen, welches auch mit der Erfahrung übereinſtimmet.

Aehnlicher Fall. Iſt M L ein leuchtender Körper, und R E F Q eine davon erleuchtete Fläche, ſo wird der Raum F Q ganz im Schatten liegen, und der Raum F E wird von einem Halbſchatten eingenommen ſeyn, der von E nach F hin allmählig dunkler wird. Man laſſe nun G H unbewegt ſeyn, aber C D ſich parallel mit der Ebene E F bewegen: ſo muß, ſobald wenn C D über die Linie L F gekommen iſt, der Schatten Q F ſich auszudehnen ſcheinen, und wenn C D die Linie M E erreichet hat, daß durch deſſen Schatten der Raum R E bedecket wird, ſo wird der Schatten Q F ſich ſo weit ausgedehnet haben, daß er F E bedecket. Auch dieſes wird von der Erfahrung beſtätiget *e*).

Verkehrung des erhabenen und vertieften. Vom Hrn. P. F. Gmelin hat man eine Nachricht von einigen ihm vorgekommenen merkwürdigen Geſichtsbetrügen, da durch Fernröhre oder zuſammengeſetzte Mikroſkope die hervorragenden Theile der Gegenſtände vertiefet, und die vertieften hervorragend geſchienen, aber nicht bey jeder Sache, auch nicht jederzeit bey derſelbigen, auch nicht einem jeden Beobachter. Nach vielen Verſuchen fand er folgende Ereigniſſe als unveränderlich. So oft er irgend eine Sache, die ſich über einer Fläche erhob, von welcher Farbe ſie auch ſeyn mochte, nur nicht weiß oder glänzend, durch das Seherohr ſo betrachtete, daß ſein Auge nebſt der Axe des Rohres gerade darauf gerichtet waren, ſo erſchienen die erhabenen Theile vertiefet und die vertieften erhaben. So verhielt es ſich, wenn er ein Siegel betrachtete, und er dabey das Rohr ſenkrecht hielt, auch das Siegel ſo ſtellete, daß es mit ſeiner Fläche das letzte Glas des Fernrohres faſt ganz einnahm; ſo verhielt es ſich auch mit dem zuſammengeſetzten Mikroſkope. So oft er aber andere ſenkrecht herabhängende Gegenſtände ſo betrachtete, daß das Seherohr horizontal und ſenkrecht darauf gerichtet war, ſo ereignete ſich eben dieſes nicht *f*) immer; und die Geſtalt der Sache änderte ſich nicht, wenn ſie ſchief, ja ſelbſt horizontal gehalten ward. Endlich entdeckte er ein Mittel, die Sachen immer mit der natürlichen Lage ihrer Theile erſcheinen zu machen, dieſes nämlich, daß er ſeinen Blick nicht gleich auf den Mittelpunct der Vertiefung, ſondern zuerſt auf ihren Rand richtete, und darauf nach und nach

e) Edinb. Eſſays, vol. 2, p. 55.
f) Das nicht habe ich muthmaaßlich hineingerücket; A.

nach das Ganze überſah. Den Grund dieſer Erſcheinungen wußte er nicht anzugeben g). Er läßt ſich aus einer allgemeinen nach Porterfield oben angeführten Bemerkung herleiten.

In Birch Geſchichte der Königl. Geſellſchaft, B. 2. S. 348. wird erzählet, daß bey einer ihrer Zuſammenkünfte, da ein zuſammengeſetztes Mikroſkop von einer neuen Einrichtung vorgezeiget ward, und verſchiedene Mitglieder eine Guinee dadurch betrachteten, einige derſelben das Gepräge vertiefet, einige es erhaben gehalten hätten.

Zuſatz des Ueberſetzers.

Einen beſondern Geſichtsbetrug, durch welchen ſchwarz ſich in Scharlach zu verwandeln ſcheint, erkläret Hr. Beguelin in den neuen Memoiren der Berliner Akademie vom J. 1771. S. 8. Durch eine ſolche Erſcheinung ſind einmal einige in der Geſchichte ſehr berühmte Perſonen in eine große Beſtürzung gerathen. Heinrich IV. König von Frankreich iſt es, dem ſie begegnet iſt, und der, nach des de Thou Berichte, ſie hernach in einer Anrede an das Parlament ſelbſt erzählet hat. Er hatte ſich mit dem Herzoge von Guiſe an den Tiſch geſetzet, um in Würfeln zu ſpielen, als ſich darauf Blutstropfen zeigeten, die, ungeachtet ſie ein paarmal abgewiſchet wurden, doch wieder erſchienen, ohne daß man ausfündig machen konnte, woher ſie entſtanden wären. Voltaire, der dieſe Begebenheit nach dem P. Daniel erzählet, iſt mit ihrer Erklärung bald fertig. Der P. Daniel, ſaget er, hätte wohl ſo viel Phyſik wiſſen können, daß ſchwarze Puncte (denn nach ihm haben ſich die Blutstropfen auf den Würfeln gezeiget) roth ausſehen, wenn ſie mit den Sonnenſtrahlen einen gewiſſen Winkel machen; davon kann ſich ein jeder beym Leſen überzeugen, und ſo geht es mit allen Wunderzeichen.

Inzwiſchen iſt das, worauf ſich Voltaire berufet, doch nicht wahr; Hr. Beguelin hat es auf alle mögliche Art verſuchet, und nicht finden können. Zufälliger

g) Philoſ. Tranſ. nb. vol. 10. p. 31. (Der Grund muß wohl darinn liegen, daß man das Licht von der unrechten Seite herkommen läßt. Denn unſer Urtheil vom erhabenen und vertieften beruhet urſprünglich auf der Wahrnehmung des Schattens und Lichtes. Wenn der Gegenſtand durch das Werkzeug verkehret wird, und man vergißt, die Seite, von der das Licht kömmt, zugleich mit zu verwechſeln, ſo muß natürlicher Weiſe die Verwandlung des erhabenen und vertieften in einander erfolgen.

Die Beobachtung iſt ſchon ziemlich alt. Der P. Abat führet in den Amuſemens Philoſophiques (Amſterd. 1763) p. 308 an, daß Joblot in der Deſcription de pluſieurs nouveaux microſcopes, vom Jahr 1712. die Erſcheinung umſtändlich beſchrieben habe. Dieſer hat gefunden, daß bey fortgeſetzter Beobachtung die Erhabenheiten in Vertiefungen, und dieſe in jene wechſelsweiſe ſich verwandelt haben. Auch hat Boſe um das Jahr 1747 ohngefähr zu gleicher Zeit mit Gmelin ſeine Beobachtungen hievon bekannt gemacht. Er nahm unter andern die Röhre mit den drey Augengläſern aus einem Erdrohre dazu. K.

Weise fand er aber einmal, daß sich die schwarzen Buchstaben in hellrothe verwandelten, allein da hatte er die Sonne, welche niedrig stand im Gesichte, und die Schrift war im Schatten. Er erkläret diese Erscheinung so. Die Sonnenstrahlen, welche durch die fast geschlossenen Augenlieder fallen, erwecken auf der Netzhaut die Empfindung der rothen Farbe *); der weiße Raum des Papieres erscheint inzwischen weiß, weil der Eindruck stark genug ist, um die Empfindung der rothen Farbe zu verdrängen; dahingegen die schwarzen Buchstaben, welche sehr wenig oder gar kein Licht ins Auge senden, den Stellen der Netzhaut, wohin ihre Bilder fallen sollten, die Empfindung der rothen Farbe lassen. Auf eine solche Art mag auch wohl die erst angeführte Erscheinung entstanden seyn, wiewohl man, aus Mangel umständlicher Nachrichten, eine ganz befriedigende Erklärung davon zu geben nicht im Stande ist.

II. Wenn man eine zum Theil mit Wasser gefüllte Bouteille vor einem Hohlspiegel, jenseits des Mittelpunctes von seiner Fläche an zu rechnen, hält, so scheint in dem Bilde, das sich verkehrt darstellet, derjenige Theil leer, der in der Bouteille mit Wasser gefüllet ist, und derjenige mit Wasser gefüllet, der in jener leer ist, man mag die Bouteille aufrecht oder umgekehret halten. Der P. Abat, der in seinen amusemens philosoph. p. 242 ff. diese Erscheinung umständlich beschreibt, welche, wie er saget, von einem seiner Freunde zuerst gemachet ist, giebt zur Erklärung derselben folgendes an. Wir sind nicht gewohnt, Wasser in einem Gefäße frey schweben zu sehen, also sind wir, da ohnedem die Farbe der Luft und des Wassers wenig von einander unterschieden sind, gezwungen, das Wasser in dem Bilde zu unterst zu setzen, wenn wir auch wissen, daß es zu oberst seinen Platz hat. Ich möchte doch lieber auf folgende Art, die mir natürlicher vorkömmt, die Sache erklären. Der leere und gefüllte Theil der Bouteille werfen nicht gleich viel Licht auf den Spiegel, daher erscheinen die beyden Theile des Bildes ungleich helle, und nun halten wir den untern Theil des Bildes für den Theil, der mit Wasser gefüllet ist, so wie wir allemal, wenn wir ein gläsernes zum Theil gefülltes Gefäße vor uns sehen, den vollen Theil zu unterst setzen werden, er mag uns heller oder dunkler als der leere Theil aussehen. Am besten, saget Abat, nimmt sich der Versuch, mit Bouteillen aus, die nicht vollkommen weiß, sondern etwas grünlicht sind. Wenn man die Bouteille umkehret und sie auslaufen läßt, so scheint sich ihr Bild zu füllen, den Augenblick aber, da sie ausgeleeret ist, sieht ihr Bild leer von Wasser aus. Diese Erscheinungen werden sich mit meiner Erklärung auch gut vereinigen lassen.

III. Ich bedaure, daß mir eine Hoffnung fehlgeschlagen ist, dem Leser Beobachtungen über das Sehen mitzutheilen, die ich vom Herrn Prof. Büsch in Hamburg zu erhalten gedachte, und welche diesem Buche gewiß eine nicht geringe Zierde würden verschaffet haben. Indessen kann ich doch [eine] hieher gehörige merkwürdige

*) Herr B. hätte zur mehrern Bestätigung anführen können, daß die Finger, wenn man damit die Oeffnung in einem verfinsterten Zimmer bedecket, wie ein glühend Eisen erscheinen.

dige Wahrnehmung anführen, welche er mir neulich bey seiner Durchreise mündlich mitgetheilet hat. Er hätte oft bemerket, erzählete er mir, wenn er über die Elbe gefahren, daß das Wasser, welches Wellen geschlagen, dennoch in einer Entfernung von etwa dreyviertel Meilen eine spiegelglatte Oberfläche bekommen hätte, in welcher sich der daran liegende Deich mit seinen Bäumen abgebildet. So hätte er auch wohl auf großen Ebenen oder Heiden in der Ferne Wasser, und darinn die Gegenstände abgespiegelt zu erblicken geglaubet, und sich sehr gewundert, daß ihn der Postillion versichert, es wäre in der Gegend kein Wasser. Der Anschein der Spiegelfläche in jenem Falle, und des Wassers in diesem lasse sich daraus erklären, daß er von der Luft, die über demjenigen Theile der Erdfläche, der zwischen der sichtbaren horizontalen Ebene und den entlegenen höhern Gegenständen gelegen, gleichsam eine Fortsetzung dieser Ebene machte, die Lichtstrahlen bekommen hätte. Die Ursache des Umstandes wegen des Abspiegelns der entfernten Gegenstände hatte mein Freund zwar auch entdecket, konnte sich nur nicht gleich darauf besinnen. Ich vermuthe, daß es eine Vergesellschaftung der Vorstellungen gewesen, weil wir niemals eine wirkliche spiegelnde Fläche ohne die Bilder der benachbarten Gegenstände sehen.

IV. Eine wichtige Anmerkung für den Zeichner, der sich der Camera obscura bedienen will, findet sich in eben dieses Gelehrten **Encyklopädie der mathem. Wissenschaften. S. 118.** Dieses überhaupt nützliche Instrument kann den Maler verführen, daß er, wenn er sich blindlings daran hält, wirklich schlecht malet, und das Gesicht nicht so täuschet, als er es sicher zu thun glaubte. Denn es entwirft freylich die Objecte in eben dem Verhältnisse der Größe, wie sie in das menschliche Auge fallen und sich in demselben malen, nämlich nach dem Verhältnisse der Gesichtswinkel; aber unsere Seele urtheilet über die Größe nicht aus dem Gesichtswinkel allein, sondern hat mehrere Data dazu. Wer nun richtig malen will, muß wirkliche Gegenstände so in sein Gemälde bringen, daß das Auge des Anschauers eben so über die Entfernung und Größe zu urtheilen geleitet wird, wie in der Natur selbst. Weil nun bey einem Gemälde die übrigen Gründe wegfallen, woraus man die Größe und Entfernung der Gegenstände sonst beurtheilet, so muß der Maler dieselben nicht so auszeichnen, wie sie sich in der Camera obscura abwerfen, sondern so groß, als sie der Seele in ihrem aus allen Datis zusammen bestimmten Urtheile vorkommen. Er muß sie also bloß nützen, um die Lage und Ordnung der Gegenstände in gehöriger Richtigkeit zu zeichnen; aber nachher muß er diese selbst fleißig ansehen, um das Bild in allen Stücken ähnlich zu machen.

Die Richtigkeit dieser Anmerkungen habe ich besonders bestätiget gefunden, als ich eine Anzahl kleiner mit vielen Bäumen und Hecken versehener Gärten mit einer dahinter liegenden Reihe ziemlich hoher Häuser in der Camera obscura sich abbilden ließ. Alles schien dicht hinter einander zu liegen, die Häuser viel zu nahe, zu deutlich in den kleinen Theilen als den Ziegeln der Dächer, zu lebhaft in den Farben, und ich denke auch zu groß. Aber das Helldunkle des Baumschlages hätte man schon davon nehmen können. Auf die Perspectiv, dachte ich, ließe sich diese

Anmer-

Anmerkung auch anwenden, ſo daß ein Perſpectivmaler die geometriſchen Regeln dem Geſichte zu gefallen, wohl in einigen Stücken etwas verletzen müßte.

Dreyzehnter Abſchnitt.

Erfindungen und Verbeſſerungen optiſcher Werkzeuge.

Die wichtigſte Verbeſſerung optiſcher Werkzeuge, welche in dieſer Periode, und zwar aus ganz neuen Grundſätzen, gemachet worden, iſt diejenige, welche wir Dollonden zu danken haben, und wovon eben ſchon Nachricht ertheilet iſt. Außer dem Verdienſte, welches er ſich dadurch erworben, daß er die Farbenzerſtreuung zu heben gelehret hat, hat er noch ein anderes beträchtliches um die practiſche Optick, da er nämlich ein Mittel, von einer ganz andern Art gefunden, die von der Geſtalt der Gläſer herrührende Zerſtreuung ſowohl wie jene, größtentheils zu heben, und dieſes durch die Hinzuſetzung mehrerer Augengläſer.

Dollonds Mittel zur Verminderung der Abweichung der Kugelgeſtalt

Wenn man, ſagt er, den Sehewinkel in einem Fernrohre 20 Gr. groß verlangte, ſo müßten die von dem Rande des Geſichtsfeldes herkommenden Strahlen unter einem Winkel von 10 Gr. gebogen werden, wodurch wenn man nur ein Augenglas brauchet, eine Abweichung entſteht, die dem Cubus dieſes Winkels proportional iſt. Wird aber die Brechung unter zwey Gläſer gleich vertheilet, ſo wird die Abweichung ſich wie der Cubus des halben Winkels zweymal genommen verhalten, oder nur den vierten Theil ſo groß ſeyn, als in jenem Falle; und wenn die Abweichung auf drey Gläſer vertheilet wird, ſo wird ſie nur den neunten Theil ſo groß bleiben als vorhin. Folglich erhellet, daß die nach dem Rande des Geſichtsfeldes hin ſich äußernde Undeutlichkeit ſehr vermindert werden mag, wenn ſie gleich nicht gänzlich gehoben werden kann.

und der Abweichung wegen der Farben,

Mit der Verbeſſerung der Farbenzerſtreuung verhält es ſich ganz anders. Denn da man die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt nur bis auf einen gewiſſen Grad durch Vermehrung der Gläſer vermindern kann, ſo kann man die von der verſchiedenen Brechbarkeit entſtehende, durch die Hinzufügung eines einzigen Glaſes gänzlich heben. So zeiget ſich, daß in dem Sternrohre zwey gehörig eingerichtete Augengläſer den Rand der Gegenſtände frey von Farben, bis ganz an den Umfang des Geſichtsfeldes darſtellen werden [a]). Desgleichen läßt ſich in dem Erdrohre, in welchem eigentlich nur zwey Augengläſer nothwendig ſind, die Gegenſtände aufrecht darzuſtellen [b]), durch Hinzufügung eines dritten Glaſes, die Farbenzerſtreuung, die ſonſt das Bild undeutlich machen würde, gänzlich wegſchaffen [c]).

Dieſes

a) Ich begreife nicht, wie Dollond dies behaupten könne. Der farbichte Rand bleibt bey zwey convexen Augengläſern ſo gut wie bey einem. S. Euleri Dioptr. T. II. § 217. K.

b) Durch zwey Augengläſer wird das Fernrohr zu lang, hat ein kleines Feld, und giebt ein farbichtes Bild. Eul. Diopt. T. 2, p. 355 — 360. K.

c) Dollond wird hier diejenige Art von Fernröhren verſtehen, wo das erſte Bild nach dem erſten der drey Augengläſer, und das zweyte Bild nach dem zweyten Augenglaſe fällt, wovon Eul. Dioptr. T. 2. p. 361

Dieſes iſt inzwiſchen mit einiger Einſchränkung zu verſtehen, weil zwar die ungleichartigen Strahlen, die an den Rändern der Augengläſer durchgehen, ſolchergeſtalt mit einander parallel zu machen ſtehen, aber dennoch, wenn die Brennweiten der Gläſer zu groß ſind, zu weit von einander zu liegen kommen können, als daß die Oeffnung des Auges ſie alle aufzufaſſen im Stande iſt; und dieſes verurſachet, daß in langen Fernröhren mit drey Augengläſern nach der gewöhnlichen Art, das Geſichtsfeld allemal ſehr klein wird.

Hiedurch wurde Dollond veranlaſſet, auf Mittel zu denken, wie das Geſichtsfeld mittelſt mehrerer Gläſer vergrößert werden möchte, ohne der Deutlichkeit und Helligkeit des Bildes Abbruch zu thun, wie auch andere ſchon vor ihm verſuchet hatten. Weil er bemerkete, daß einige Fernröhre mit fünf Augengläſern, die man bisher gemachet hatte, fernerer Verbeſſerung fähig wären, ſo bemühete er ſich darum, und war auch ſo glücklich, daß dergleichen nach ſeiner Art verfertigte Fernröhre von den beſten Kennern für ſehr vorzüglich erkläret wurden.

Mittel zur Vergrößerung des Geſichtsfeldes.

Dieſer glückliche Erfolg munterte ihn auf, zu verſuchen, wie viel noch durch die Hinzufügung eines ſechſten Glaſes das Geſichtsfeld ſich vergrößern ließ, ſo daß die Abweichungen der Strahlen möglichſt gehoben würden, ohne der Deutlichkeit zu nahe zu treten, und erhielt auch zuletzt ein ſo großes Geſichtsfeld als man es nur verlangen konnte, und dieſes ſelbſt in den längſten Fernröhren, die man machen kann.

Dollondiſche Fernröhre mit ſechs Augengläſern.

Weil dieſe Fernröhre mit ſechs Gläſer vielen Beyfall, und ſelbſt nach auswärts Abgang fanden, hielt es ſich der Erfinder für eine gelegene Zeit, von dem Urſprunge ſeiner Erfindungen eine Nachricht bekannt zu machen, welches er in einem Briefe an Hrn. Short that, der der Königl. Geſellſchaft am 1 März 1753. vorgeleſen ward [d]).

Eulers Berechnungen darüber.

Hr. Euler, der in einer Abhandlung unter den Schriften der Berliner Akademie vom Jahre 1757. S. 323 ff. die Erfolge aller möglichen Verbindungen von Gläſern in Fernröhren und Vergrößerungswerkzeugen berechnet hat [e]), unterſuchte mit

361 — 376. Das zweyte Augenglas kann dabey ſtatt einer Blendung dienen, weil es eine höchſt kleine Oeffnung leidet. Neben dieſem beſchreibt Hr. Euler noch eine Art von Fernröhren mit drey Augengläſern, die er ſehr rühmet. Die beyden mittlern Gläſer fallen hier, wie in dem gewöhnlichen Erdrohre zwiſchen die beyden Bilder; es iſt aber dennoch dieſe Art von den letztern im Grunde verſchieden, und weit größerer Vollkommenheit fähig. Noch größere Vollkommenheit kann man jener Art von Fernröhren durch die Erweiterung des Geſichtsfeldes geben, wenn man vier Augengläſer nimmt, ſo daß das erſte Bild zwiſchen dem erſten und zweyten Augenglaſe, und das zweyte Bild zwiſchen dem zweyten und dritten Augenglaſe liegt. Euler. l. c. p. 436. Setzet man noch gleich vor das Objectivglas ein Hohlglas, ſo läßt ſich die Zerſtreuung der Strahlen heben, und durch die Hinzufügung eines oder mehrerer Augengläſer läßt ſich das Geſichtsfeld beträchtlich erweitern. Eul. l. c. p. 442, 448. K.

d) Philoſ. tranſ. vol. 48, p. 103.

e) Es iſt daſelbſt nur von Fernröhren mit drey Gläſern, welche den Gegenſtand verkehrt darſtellen, die Rede. In einer Art derſelben ſind die beyden Vordergläſer hart

mit großer Genauigkeit die beſtmöglichſte Einrichtung jener Dollondiſchen Fernröhre. Seine Abhandlung darüber findet man in den Miſcellan. Taurinenſ. vol. 3. part. 2. p. 92.

Caleb Smiths Verſuche.

Man verſuchte noch ſonſt auf mancherley Art in dieſem Zeitraume, Fernröhre kürzer oder ſonſt vortheilhafter eingerichtet zu machen. Nur im Vorbeygehen erwähne ich hier Caleb Smiths Verſuch, die Abweichungen wegen der verſchiedenen Brechbarkeit zu heben, der ſich darauf gründete, daß die Brechungsſinus der ungleichartigen Strahlen, bey demſelben Einfallswinkel, in einem gegebenen Verhältniſſe ſtünden, wozu ſtatt eines metallenen Spiegels ein gläſerner dienen ſollte, deſſen beyde Flächen ungleiche Krümmung hätten f). Ich finde aber nicht, daß ſein Vorſchlag ausgeführet wäre, der ohne Zweifel, aus ſchon angeführten Gründen, unbrauchbar iſt.

Hadleys Spiegelteleſkop.

Allein der wichtigſte Dienſt, den die praktiſche Optik der Aſtronomie in dieſem Zeitraume leiſtete, war die leichte Verfertigung der Spiegelteleſkope, nach der Art, wie ſie John Hadley, Eſq. im Jahre 1723. zur Vollkommenheit brachte. In dieſem Jahre überreichete er der Königl. Geſellſch. ein nach Newtons Entwurfe, an den man ſeit funfzig Jahren nicht mehr gedacht hatte, eingerichtetes Teleſkop. Der große Spiegel hatte 10 Fuß $5\frac{1}{4}$ Zoll im Halbmeſſer, daß ſeine Brennweite folglich $62\frac{1}{8}$ Zoll war. In dem Auszuge der Tranſactionen, B. 6. S. 147. findet man eine Abzeichnung und Beſchreibung der zwar ſehr ſinnreichen, aber auch ſehr zuſammengeſetzten Vorrichtung, das Teleſkop zu regieren. Der Bericht, den Pound und Bradley, die es gemeinſchaftlich unterſuchten, von der Güte dieſes Werkzeuges erſtatteten, fiel ſehr zu deſſen Vortheil aus.

Eines dieſer Teleſkope, deſſen großer Spiegel noch nicht völlig $5\frac{1}{4}$ Fuß in der Brennweite hatte, verglichen ſie mit dem berühmten Huygenianiſchen Fernrohre, deſſen Objectivglas eine Brennweite von 123 Fuß hat, und fanden, daß jenes ein ſo kurzes Ocular vertrug, daß es eben ſo ſtark vergrößerte als dieſes, wenn es ſein gehöriges Oculargias hatte. Es gewährte jenes auch dieſelbe Deutlichkeit, doch nicht völlig mit derſelben Klarheit und Helligkeit, welches ſie zum Theil der Verſchiedenheit

oder nahe an einander geſtellet. Das Fernrohr wird dadurch kürzer, aber das Geſichtsfeld wird nicht größer, als wenn man nur zwey Gläſer brauchte. In einer andern werden die beyden dem Auge nächſten Gläſer zuſammen gerücket, und dadurch wird der Durchmeſſer des Geſichtsfeldes verdoppelt. In einer andern wird das mittlere Glas in den gemeinſchaftlichen Brennpunct der beyden äußern geſtellet, und die Brennweite deſſelben iſt faſt doppelt ſo groß als des letzten Glaſes. Das Geſichtsfeld wird dadurch vergrößert. Man ſehe auch Eul. Dioptr. T. 2, ſect. 2, cap. 1, 2.

In eben dem Bande der Berliner Memoiren, p. 283 ff. iſt noch eine wichtige Abhandlung des Hrn. Euler enthalten. Sie iſt überſchrieben: Régles générales pour la conſtruction des teleſcopes et des microſcopes, de quelques nombre des verres, qu'ils ſoient compoſés. Man lernet daraus das ganze ſchwere Geſchäffte der dioptriſchen Rechnungen überſehen. Die Beweiſe fehlen zum Theil, waren aber auch nicht möglich daſelbſt angeführet zu werden. K.

f) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 8, part. 1, p. 114.

ſchiedenheit der Oeffnung, welche in dem Huygenianiſchen etwas größer war, theils einigen kleinen Flecken auf der Fläche des Objectivſpiegels, die ſich nicht wohl poliren ließen, zuſchrieben. Dieſer geringern Helligkeit ungeachtet konnten ſie mit dem Hadleyiſchen Teleſkop alles das ſehen, was ſie bisher mit dem Huygenianiſchen Fernrohre entdecket hatten, insbeſondere die Durchgänge der Jupiterstrabanten, und die Schatten, welche ſie auf dieſen Planeten werfen, den ſchwarzen Streifen auf dem Ringe des Saturns, und den Rand des Schattens, den dieſer Planet auf ſeinen Ring wirft. Sie ſahen auch mehrmals dadurch die fünf Trabanten des Saturnus, die ſich zur Zeit der Beobachtung durch Hadleys Teleſkop noch beſſer als durch Huygens ſeines erkennen ließen. Denn weil es damals Sommer war, und letzteres ohne Röhre gebrauchet ward, ſo hinderte die Dämmerung, daß ſie dieſe kleinen Gegenſtände nicht alle erkennen konnten, welches durch das Spiegelteleſkop ſehr wohl angieng. Andere Beobachtungen, die ſie mit dieſem Werkzeuge am Jupiter und Saturn anſtelleten, beſtätigten das gute Urtheil, welches ſie davon gefället hatten.

Ueberhaupt, ſagen ſie, hätte Hadley ſie überzeuget, daß dieſe Einrichtung der Teleſkope nicht bloß in der Theorie tauglich wäre, und ſie wünſchten nur, daß man bald Mittel finden möchte, entweder den Hohlſpiegel vor dem Anlaufen zu bewahren, oder ihn auf eine leichte Art wieder zu reinigen, wenn er angelaufen wäre; oder auch einen guten Hohlſpiegel von Glas zu verfertigen, der hinten foliirt wäre; würde eines dieſer Stücke ausfündig gemachet werden, ſo zweifelten ſie nicht, die praktiſchen Sternkundige würden die alten dioptriſchen Fernröhre größtentheils an die Seite legen, und die katadioptriſchen vorziehen, weil dieſe ſo viel leichter zu handhaben ſind *g*).

Die erſten Spiegelteleſkope, welche Hadley machete, waren nach Newtons Entwurfe eingerichtet; weil er dieſe aber in mancherley Abſichten unbequem fand, ſo zog er hernach die Gregorianiſche Einrichtung vor, in welcher der große Spiegel durchbohret iſt. Mit dieſem kam er im Jahre 1726 zu Stande; aber es ergiebt ſich, daß um 1734. ſeine Spiegelteleſkope ſowohl, als alle andere in London verfertigte, von den Shortiſchen übertroffen wurden. Short wohnete damals in Schottland, zog aber nachher nach London. Er machete ſeine Spiegel zuerſt von Glaſe, einem von Newton gegebenen Rathe zufolge; fand aber, daß ſie nicht ſo viel Licht zurückſendeten *h*), als er ſich vorgeſtellet hatte, und traf ſonſt noch große Schwierigkeit darinn an, ſie vollkommen auszuarbeiten, ſo daß er deswegen ſich auf die Verbeſſerung der metallenen Spiegel mit Fleiß legete. Hierinn glückte es ihm auch durch die geſchickte Krümmnng, die er ihnen zu geben wußte, weswegen er ſeinen Spiegeln größere Oeffnungen geben konnte, als andere Künſtler es zu

Shorts Teleſkope.

g) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 6, p. 153.

h) Short fand aus Erfahrung, daß die beſten Glasſpiegel, die er machen konnte, weit weniger Licht zurückwarfen, als die metallenen. Er fand auch, daß Glas durch ſein eigen Gewicht ſeine Figur zu ändern im Stande war.

thun im Stande waren; desgleichen durch die genauere Zuſammenpreſſung der Spiegel, u. ſ. w. Durch einige ſeiner Teleſkope, in welchen der große Spiegel 15 Zoll Brennweite hatte, konnte er und andere die Tranſactionen auf 500 Fuß weit leſen; und ſie ſahen einigemal dadurch die fünf Trabanten des Saturnus zuſammen, worüber Maclaurin, der dieſe Nachricht aufgeſetzet hat, ſich ſehr wunderte, bis er fand, daß Caſſini ſie bisweilen alle mit einander durch ein ſiebenzehnfußiges dioptriſches Fernrohr geſehen hätte i).

Weil das Gregorianiſche Spiegelteleſkop dasjenige iſt, welches ſeit der erſt angegebenen Zeit bis itzt hauptſächlich gebrauchet wird, ſo will ich hier eine kurze Beſchreibung deſſelben einrücken, und eine Berechnung der dadurch zu erhaltenden Vergrößerung beyfügen.

Beſchreibung des Gregorianiſchen Teleſkops. §. 121.

Es ſey TYYT eine meſſingene Röhre, in welcher LL ein metallener, in der Mitte durchbohrter Hohlſpiegel, und EF ein kleinerer Hohlſpiegel iſt, der ſich hin und her bewegen läßt. Es ſey AB ein ſehr entfernter Gegenſtand, der von jedem ſeiner Puncte Strahlen her ſendet, von welchen hier diejenigen vorgeſtellet ſind, die von den beyden Enden herkommen, und ſich vor der Röhre kreuzen. Dieſe fallen auf den großen Spiegel, und werden von ihm ſo zurücke geworfen, daß dadurch in KH ein umgekehrtes Bild des Gegenſtandes entſteht. Von dieſem Bilde fahren die Strahlen, gleich wie von einem wirklichen Gegenſtande aus, fallen auf den kleinen Spiegel EF, deſſen Mittelpunct e iſt, und werden von ihm ſo zurückgeworfen, daß ſie in QQ ſich vereinigen, und daſelbſt ein aufrechtes Bild entwerfen würden. Weil aber ein Auge hinter QQ nur einen kleinen Theil des Gegenſtandes überſehen könnte, ſo werden die Strahlen von dem Planconverglaſe MN aufgefangen, daß ſie ſchon bey PV ſich vereinigen, und daſelbſt ein kleineres und aufrechtes Bild machen, welches von dem Auge in O durch den Meniſkus SS betrachtet wird, der die Strahlen jedes Kegels parallel durch die Brechung machet, und auch eine Vergrößerung des Bildes verſchaffet. An der Stelle des Bildes wird durch eine Blendung alles falſche Licht aufgefangen. Soll ein näherer Gegenſtand beſchauet werden, ſo muß man den kleinen Spiegel etwas von dem größern abrücken.

§. 122.

Die Vergrößerung durch das Gregorianiſche Teleſkop wird folgendergeſtalt berechnet. Es ſey FF der vordere Spiegel, und deſſen Brennpunct I, der Brennpunct des hintern Spiegels LD ſey G, deſſen Oeffnung in A, die Axe beyder Spiegel und der Gläſer MN, SS iſt auf der geraden Linie DIGAOK. Es komme der Strahl bb von dem untern Puncte des ſehr entlegenen Gegenſtandes, und gehe durch den Brennpunct G, ſo wird er von dem Spiegel LD in b nach bF parallel mit der Axe zurückgeworfen, und von dem Spiegel FF nach FIN durch den Brenn-

i) Smith's Opticks, Remarks, p. 81. (d. d. A. S. 447. Das größte Teleſcop, das Short gemachet hat, hat 12 Fuß Brennweite für den großen Spiegel mit einer Oeffnung von 12¼ Zoll. Dieſes einzige Stück in ſeiner Art iſt gegenwärtig in dem Hotel von Marlborough zu London befindlich, wo es ohne Geſtelle liegt, ohne daß es jemand brauchte, oder ſich um deſſen Erhaltung bekümmerte. de la Lande Aſtron. § 1931. erſte Ausg. A.)

Brennpunkt I, nach dem erſten Glaſe in N, welches ihn nach NK bricht, worauf ihn der Meniskus bey S nach SO ins Auge bringt. So ſieht das Auge in O die Hälfte des Gegenſtandes unter dem Winkel TOS. Ohne das Teleſkop ſähe das bloße Auge ſie unter dem Winkel AGb oder GbF. Folglich muß man das Verhältniß der Winkel GbF und TOS ſuchen. Es iſt aber

$$AGb : DIF = DI : GA$$
$$nIN : nKN = nK : In$$
$$nKN : TOS = TO : TK$$

Alſo, weil $DIF = nIN$

$$AGb : TOS = DI \times nK \times TO : GA \times In \times TK.$$ k)

Shorts Aequatorialteleſkop.

Dem Herrn **Short** haben wir die ſchöne Einrichtung eines **Aequatorial Teleſkops**, oder wie er es auch nennet, eines **tragbaren Obſervatorium** zu danken, weil ſolche, die keine Sternwarte haben, mit geringer Mühe ziemlich genaue Beobachtungen damit anſtellen können. Es iſt ein Teleſkop, das mittelſt einer ſinnreichen mechaniſchen Vorrichtung auf jeden Grad der Rectaſcenſion oder Declination geſtellet werden kann; ſo daß man jeden himmliſchen Körper, deſſen Stelle bekannt iſt, ohne Mühe ſelbſt bey Tage finden kann. Weil das Fernrohr ſich parallel mit dem Aequator drehen läßt, ſo kann man jeden Gegenſtand am Himmel ganz leicht im Geſicht behalten, oder wieder finden, ohne daß man das Auge zu verrücken nöthig hätte. Mit dieſem Werkzeuge ſind, wie Hr. **Short** berichtet, die meiſten Sterne von der erſten und zweyten Größe ſelbſt zu Mittage, bey hellem Sonnenſcheine geſehen worden, wie auch Merkur, Venus und Jupiter; denn Saturn und Mars ſind wegen ihres mattern Lichtes ſo leicht nicht zu erkennen, es müßte denn die Sonne ſchon ziemlich niedrig ſtehen l). Der Grund hievon iſt, daß das Fernrohr faſt alles fremde Licht abhält, das nicht von dem Gegenſtande ſelbſt kömmt, und den Eindruck, welchen ſein geringes Licht im Auge machet, ſchwächen würde. Ein jedes andere, eben ſo viel vergrößernde Teleſkop würde dieſelbe Wirkung thun, wenn man nur es ſicher zu richten wüßte. Darum kann man auch bey Tage unten in einer tiefen Grube die Sterne ſehen. Je ſtärker die Vergrößerung in einem Fernrohre iſt, deſto leichter kann man einen Stern dadurch bey Tage erkennen. Denn das Licht des Sternes bleibt bey jeder Vergrößerung daſſelbe, aber die Fläche, worauf er erſcheint, wird dunkler, wenn die Vergrößerung ſtärker iſt; und ein Stern iſt deſto leichter zu erkennen, je mehr ſein Licht ſich von dem Lichte des Grundes, worauf er geſehen wird, unterſcheidet. Ein Fixſtern wird durch Teleſkope mit ſehr verſchiedenen Oeffnungen faſt gleich gut zu erkennen ſeyn, wenn die Vergrößerungen einerley ſind.

Wenn ein Komet, oder ein anderer himmliſcher Körper durch dieſes Aequatorialteleſkop, wenn es gehörig berichtiget iſt, geſehen wird, ſo kann man ſogleich die

k) Muſſchenbroek, Introd. vol. 2. p. 822. (Umſtändlicher in Smiths Optick. d. d. A. S. 460 — 472, wo das Gregorianiſche Teleſkop mit dem Caſſegrainiſchen verglichen wird; und in Euleri Dioptr. T. 2, in dem Anhange von den catoptriſch-dioptriſchen Fernröhren, Cap. 3. K.)

l) Phil. Tranſ. ab. vol. 10. p. 156.

wahre Stelle deſſelben am Himmel angeben. Auch kann man noch andere aſtronomiſche Aufgaben durch deſſen Hülfe ſehr leicht und zuverläßig auflöſen. Die Beſchreibung dieſes Werkzeuges findet man in den Philoſ. Tranſ. ab. vol. 10, p. 154. Seitdem hat man noch verſchiedene Verbeſſerungen in der mechaniſchen Einrichtung dieſes Werkzeuges gemacht[m]).

Vorſchlag, die Röhren zu biegen.

Hr. Aepinus hat den Vorſchlag gethan, die Röhren langer Teleſkope unter einem rechten Winkel zu biegen, und an dem Winkel einen ebenen Spiegel anzubringen, damit man die Gegenſtände um das Zenith bequemer beobachten könnte, wozu er nähere Anleitung giebt, beſonders wie man zu verfahren habe, wenn ein Mikrometer angebracht werden ſoll*). Wie ich höre, hat man auch wohl an Spiegelteleſkopen zwiſchen dem letzten Augenglaſe und dem Auge einen kleinen Planſpiegel, unter einem Winkel von 45 Gr. zu eben der Abſicht angebracht.

Barkers Spiegelmikroſkop.

Da man die Spiegel mit ſo gutem Erfolge bey Fernröhren angebracht hatte, ſo war es natürlich, mit ihnen auch einen Verſuch bey Mikroſkopen zu machen. Wir finden auch wirklich zween Vorſchläge dieſer Art, einen von Dr. Robert Barker, wovon eine umſtändliche Beſchreibung in den Philoſ. Tranſ. ab. vol. 8, part. I. p. 120. Es beſteht aus einem Hohlſpiegel, der ſtatt des Objectivglaſes dienet, und aus einem Augenglaſe, gegen welches die hohle Fläche des Spiegels gekehret iſt. Das Object wird vor dem Spiegel in einer ſolchen Entfernung geſtellet, daß das davon zurückgeworfene vergrößerte Bild in den Brennpunct des Augenglaſes fällt, und durch dieſes mittelſt paralleler Strahlen betrachtet wird. Dieſe Art von Mikroſkop iſt aber nicht ſo bequem zum Gebrauche als die gewöhnlichen, es iſt auch nicht anders, als zu ſehr kleinen oder durchſichtigen Objecten dienlich, weil wegen ihrer Lage zwiſchen dem Spiegel und dem Glaſe zuviel Licht aufgefangen werden würde, wenn ſie groß und undurchſichtig wären.

Smiths Spiegelmikroſkop.

In der zweyten Art von reflectirenden Mikroſkop, die Dr. Smith angegeben, ſind zween Spiegel, ein Concav- und ein Converſpiegel, mit einem Augenglaſe. Es iſt nämlich AD ein großer Hohlſpiegel, und ad ein kleiner Converſpiegel, beyde in der Mitte bey BC und bc durchbohret. Sie haben beyde einerley Krümmung, oder ſind aus Schüſſeln von gleichen Halbmeſſern geſchliffen, von zween Zoll nämlich, ſo daß jedes Brennweite genau einen Zoll beträgt. Sie werden beyde etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander geſtellet, daß ſolchergeſtalt ein Object OPQ, das ein wenig unterhalb des kleinen Spiegels angebracht wird, zwiſchen dem Brennpuncte F und dem Mittelpuncte E des großen liegt. Unter dieſen Umſtänden werden die von P ausfahrende Stralen PA, PD von dem großen Spiegel nach p hingeworfen

m) Dieſes tragbare Obſervatorium iſt zwar ſehr bequem, beſonders wenn man den Mercur bey Tage beobachten wollte, aber es iſt ſchwer, es recht gut zu machen, und darum ſehr koſtbar. Das daran befindliche Spiegelteleſkop von 18 Zoll Brennweite koſtet 18 Guineen, das Objectiv-Mikrometer 12 Guineen; das Geſtelle zur Bewegung, welches aus fünf Kreiſen beſtehet, 50 Guineen oder 80, nachdem es groß iſt. de la Lande Aſtron. T. V. praeface, p. 47. A.

*) Noui Comm. Petrop. vol. 9. p. 488.

geworfen werden, wo ſich das Object abbilden würde, wenn der kleine Spiegel nicht die Stralen auffienge. Weil dieſe nach einem Puncte p hinzielen, der näher bey dem Spiegel als deſſen Brennpunkt f iſt, ſo werden ſie nach P hin von dieſem vereiniget, und es entſteht daſelbſt das letzte Bild OPQ, welches durch das Augenglas G, von dem Auge in I, betrachtet wird o).

Dieſes Mikroſkop, wiewohl es nicht zum Beſten ausgearbeitet war, that dennoch, wie Dr. Smith verſichert, faſt dieſelben Dienſte, wie die beſten dioptriſchen Mikroſkope, ſo daß er nicht zweifelte, es würde dieſe übertroffen haben, wenn es mit gehöriger Nettigkeit wäre ausgearbeitet worden. Dr. Smiths eigene Nachricht von dieſem Werkzeuge findet man in deſſen Optik, der Anmerk. S. 94 p).

Lieberkühns Erfindungen.

Im Jahre 1738 oder 1739 machete **Lieberkühn** zwo wichtige Erweiterungen in dem Gebrauche der Mikroſkope durch die Erfindung des **Sonnenmikroſkops** und des **Mikroſkops zu undurchſichtigen Gegenſtänden**. Von beyden zeigte er bey ſeinem Aufenthalte in England, in dem Winter von 1739, einen von ihm ſelbſt ausgearbeiteten Apparatus verſchiedenen Mitgliedern der Königl. Geſellſchaft, und einigen optiſchen Künſtlern, beſonders dem Hrn. **Cuff**, der ſich viele Mühe gab, dieſe Erfindungen noch weiter zu treiben.

Sonnenmicroſkop.

Das Sonnenmikroſkop, wie es Cuff machete, beſteht aus einer Röhre, einem Planſpiegel, einem Erleuchtungsglaſe, und einem Wilſoniſchen Mikroſkope. Die Röhre iſt von Meſſing, ohngefähr 2 Zoll weit, und in einer runden Büchſe von Mahogannyholze befeſtiget, welche in einer viereckten Tafel nach Belieben gedrehet werden kann, ſo daß ſich die Röhre ganz bequem in dem Loche eines Fenſterladens befeſtigen läßt, ohne daß anders als durch ſie etwas Licht in das Zimmer kommen kann. An der Tafel iſt an der Außenſeite ein Spiegel mittelſt eines Gewindes befeſtiget, der durch einen aus Gelenken zuſammengeſetzten, und durch die Tafel gehenden Stab ſo geſtellet werden kann, daß er die Sonnenſtrahlen durch die Röhre in das verfinſterte Zimmer wirft. An dem Ende der Röhre, nach außen hin, iſt ein Erleuchtungsglas, und an dem andern Ende ins Zimmer hinein iſt ein Wilſonſches Taſchenmikroſkop angeſchraubet, welches das zu betrachtende Object in einem Schieber hält. Weil die Sonnenſtrahlen von dem Erleuchtungsglaſe durch die Röhre auf das Object geleitet werden, ſo entwirft ſich von dieſem ein deutliches und ſchönes Bild auf einem Schirme von weißem Papiere, und ſo ſehr vergrößert, als ſich niemand, der es nicht geſehen hat, vorſtellen kann q).

Microſkop zu undurchſichtigen Gegenſtänden.

Das Mikroſkop zu undurchſichtigen Gegenſtänden hilft der Unbequemlichkeit ab, die dunkle Seite dem Auge zugekehret zu haben. Denn vermittelſt eines ſehr polirten ſilbernen Hohlſpiegels, in deſſen Mittelpuncte das Vergrößerungsglas befindlich iſt, wird das Object ſo ſtark erleuchtet, daß man es ſehr bequem und mit Vergnügen unterſuchen kann. Einen wohl eingerichteten Zubehör, mit vier verſchiedenen Spiegeln und Vergrößerern von verſchiedener Stärke, arbeitete **Cuff** mit vieler Vollkommenheit aus r).

Lieber-

o) Martin's Opticks, p. 220.
p) Der deutſchen Ausg. S. 448. ff.
q) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 8, p. 127.
r) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 8, p. 128.

Einrichtung des Sonnenmikroſkops zu undurchſichtigen Sachen.

Lieberkühn machete an ſeinem Sonnenmikroſkope beträchtliche Verbeſſerungen, beſonders in der Zurichtung deſſelben zur Betrachtung undurchſichtiger Gegenſtände. Wie er es angefangen konnte Aepinus, der eine Probe davon mit großem Vergnügen geſehen, und von dem die Nachricht herrühret, ſich nicht beſinnen; der Erfinder ſelbſt ward durch den Tod verhindert, ſeine ſinnreiche Vorrichtung ſelbſt bekannt zu machen. Herr Aepinus erſuchet diejenigen, in deren Hände Lieberkühns Apparatus gekommen iſt, von dieſem Werkzeuge eine Beſchreibung bekannt zu machen, ich kann aber nicht ſagen, ob dieſes geſchehen ſey.

Indeſſen veranlaßte Lieberkühns Erfindung den Herrn Aepinus, ſelbſt der Sache nachzudenken, und dadurch kam er auf eine wichtige Verbeſſerung dieſes Inſtrumentes. Denn indem er auf die Vorderſeite eines Objectes mittelſt eines Spiegels Licht fallen läßt, ſo werden alle Arten von Objecten vollkommen wohl dadurch vorgeſtellet. Ein vortheilhafter Umſtand dabey iſt, daß das gewöhnliche Sonnenmikroſkop im Ganzen beybehalten, und nur noch ein Paar meſſingener Platten fig. 124. CA, BA hinzugefüget wird, welche durch ein Gewinde mit einander verbunden, und durch eine Schraube in der gehörigen Entfernung von einander gehalten werden. Die Abbildung zeiget, wie ſie an dem Wilſoniſchen Mikroſkop, deſſen man ſich bey dem gewöhnlichen Sonnenmikroſkope bedienet, angebracht ſind. Den Durchſchnitt dieſer Platten und der übrigen weſentlichen Stücke des Inſtrumentes fig. 125. ſtellet die fig. 125. dar, wo ab, cd die Sonnenſtrahlen bedeuten, welche durch das Erleuchtungsglas auf den Spiegel db hin gelenket werden, der an der innern Platte befeſtiget iſt. Von da werden ſie nach dem Objecte bey ef hingeworfen, und fahren weiter durch das Linſenglas bey k, und durch eine Oeffnung in der vordern Platte, nach dem Schirme, wie gewöhnlich, zu. Die Schraube n dienet, die Entfernung der beyden Platten von einander zu verändern, und den Spiegel dadurch gegen das Object auf das genaueſte zu ſtellen. Hr. Aepinus glaubet, daß ſich noch mehrere Verbeſſerungen an dieſem Werkzeuge anbringen laſſen, insbeſondere wenn man mehrere Objectivgläſer nehme, und verſpricht, der Sache noch weiter nachzuforſchen [e]).

Herr Euler hat eine Art angegeben, wie man mittelſt zurückgeworfenen Lichtes verſchiedenen Unbequemlichkeiten bey dem Gebrauche der Zauberlaterne, und des Sonnenmikroſkops abhelfen könne. Man brauchet nur, ſaget er, einen großen Hohlſpiegel, der ſo wie in den Teleſkopen in der Mitte durchbohret iſt, muß aber das Licht ſo ſtellen, daß keine Strahlen durch die Oeffnung des Spiegels nach dem Schirme hin kommen können. Er ſchlägt vor, vier verſchiedene Maſchinen dieſer Art zu machen, nachdem die Objecte von unterſchiedener Größe ſind, eine für ſolche, die ſechs Fuß lang ſind, eine andere für Objecte von einem Fuß, eine dritte für welche von zween Zoll, und eine vierte für Objecte von zwo Linien. Eine Vor- fig. 126. ſtellung dieſer Einrichtung giebt die fig. 126. wo OD den Hohlſpiegel, E das Object

e) Noui Comm. Petrop. vol. 9, p. 326.

Object, l, l die Lichter, und A die Linſe iſt, durch welche die Strahlen nach dem Schirme hinfahren *t*).

Verſchiedene Verbeſſerungen in dem Zubehöre des Sonnenmikroſkops, in ſo ferne man undurchſichtige Gegenſtände dadurch betrachten will, machete auch Hr. D. Zeiher, der zweyerley Einrichtungen angiebt, eine für größere Objecte, eine andere für kleine; ich muß aber wegen der Abbildungen und Beſchreibungen, ſowohl der einen als der andern, auf die Nou. Comm. Ac. Petropol. vol. 10. p. 299. verweiſen.

Das Sonnenmikroſkop hat man auch mit der Camera obſcura, ſowohl der von der kleinern Gattung, als der von der größern, verbunden, vermittelſt derer, wenn das Bild auf einem Stücke mattgeſchliffenen Glaſes aufgefangen wird, das vor den Sonnenſtrahlen im Schatten liegt, die Vorſtellung ganz deutlich iſt. Am umſtändlichſten habe ich dieſe Beſchreibung in einer kleinen Schrift des Hrn. Brander, kurze Beſchreibung — eines Sonnenmikroſkops, Augsburg 1769. beſchrieben gefunden; auch findet man davon eine Nachricht in Martin's Gentleman's Philoſophy, vol. 2. p. 249. Wer der Erfinder davon ſey, iſt mir nicht bekannt.

Herr Martin kam bey Gelegenheit, daß er zu ſeinem eigenen Gebrauche ein Sonnenmikroſkop von einer größern Art als gewöhnlich verfertiget hatte, (das Erleuchtungsglas war $4\frac{1}{2}$ Zoll breit, und alle übrigen Theile verhältnißmäßig größer) auf eine Einrichtung, da mittelſt eines noch hinzugefügten Stückes, welches er aber nicht beſchreibt, ſelbſt undurchſichtige Objecte ſehr deutlich dargeſtellet wurden. Wenn er aber das Erleuchtungsglas noch breiter machete, ſo fand er, daß die davon erregte Hitze für die meiſten Objecte zu ſtark war. Sein Werkzeug, ſaget er, ſey wenig theuerer, als das gewöhnliche Sonnenmikroſkop. Man ſehe ſeine kurze Nachricht von einem Sonnenmikroſkope zu undurchſichtigen Gegenſtänden am Ende ſeiner Graphical Perſpective.

Sehr kleine Vergrößerungskügelchen.

Die kleinſten Kügelchen, und folglich die ſtärkſten Vergrößerer, die je gemachet ſind, hat di Torre aus Neapolis verfertiget, der im J. 1765. viere davon an die königliche Geſellſchaft überſchickte. Das größte dieſer Kügelchen hatte nur zween Pariſer Puncte im Durchmeſſer, und ſollte ein Object 640mal im Durchmeſſer vergrößern. Das zweyte war einen Pariſer Punct, und das dritte nur einen halben oder den 144ſten Theil *u*) eines Zolles im Durchmeſſer groß, und ſollte ein Object 2560mal in der Länge vergrößern. Eines dieſer Kügelchen fehlete, als ſie Herr Baker bekam, dem die Geſellſchaft aufgetragen hatte, ſie zu unterſuchen. Dieſer wegen ſeiner Geſchicklichkeit mit Mikroſkopen umzugehen ſo berühmte Mann, war doch nicht im Stande ſie zu gebrauchen. Mit dem, das am wenigſten vergrößerte, konnte er kein Object hinlänglich gut ſehen, und ſein Bericht endiget ſich mit den Worten, daß er zwar hoffe ſeinen Augen mit dieſen Vergrößerern keinen Schaden gethan zu haben, weil er dergleichen Beobachtungen ſehr gewohnet wäre,

t) Novi Comm. Petrop. vol. 3, p. 563.
u) Wird wohl ein 240 theil eines Zolles heißen ſollen. R.

wäre, es möchten aber wenige ſeyn, die nicht durch ſie blind werden würden v). Dadurch, daß man Fernröhre mit ſechs Augengläſern verfertiget hatte, fiel Hr. Euler auf den Gedanken, den Mikroſkopen gleichfalls ſechs Gläſer zu geben, wovon das eine derſelben eine ſo kleine Oeffnung verträgt, daß es ſtatt einer Blendung, alles fremde Licht abzuhalten dienet, ohne, wie er ſaget, das Geſichtsfeld oder die Helligkeit im geringſten zu vermindern w).

Verſuch die Ungleichheiten des Glaſes zu heben.

Der Vollkommenheit dioptriſcher Inſtrumente ſteht gar ſehr im Wege, daß die Maſſe des Glaſes, das man dazu nehmen muß, nicht völlig gleichartig und rein iſt, ein Mangel, den man bisher, aller Bemühungen ungeachtet, nicht unfehlbar hat abhelfen können. Hr. Merklin fand einmal, daß Glas, welches in einer Feuersbrunſt geſchmolzen war, vortrefflich zu Objectivgläſern taugte, und ſchrieb dieſe beſondere Güte dem Umſtande zu, daß es während der Zeit, da es flüßig geweſen, nicht geſtöret worden war, weswegen er den Vorſchlag thut, man ſolle das Metall aus dem Ofen in eiſernen Gefäßen, von der Form, die man dem Glaſe geben will, nehmen, und die Glasmaſſe, wenn ſie in dieſen Gefäßen völlig flüßig geweſen, darinn abkühlen laſſen, ohne ſie anzurühren x). Allein dieſes Mittel iſt auch nicht unfehlbar befunden.

Berechnung der Vergrößerung.

Die Vergrößerungskraft eines jeden Teleſkops kann man nach der oben für Mikroſkope angeführten Methode durch Erfahrung ausmachen, wenn man nämlich mit einem Auge durch das Teleſkop nach einem Gegenſtande von bekannter Größe und Entfernung ſieht, und das Bild mit einer andern Sache, die man mit bloßem Auge ſieht, vergleicht. Auf ſolche Art prüfeten Hauksbee, Folkes und Jurin die Vergrößerungskraft des von dem erſtern verfertigten Teleſkops, wovon umſtändlichere Nachricht in Smiths Optik, Anmerk. S. 79. Die leichteſte Art iſt, daß man den Durchmeſſer der Oeffnung des Objectivglaſes und ihres kleinen Bildes an dem Orte, wo das Auge hin gehöret y), meſſe. Das Verhältniß beyder zeiget die Stärke der Vergrößerung an, woferne von dem urſprünglichen Strahlenkegel durch eine fehlerhafte Einrichtung des Teleſkops kein Theil verlohren gegangen iſt. Denn in allen Fällen wird die Vergrößerungskraft, ſowohl der Teleſkope

v) Philoſ. Tranſ. vol. 56. p. 67.

w) Noui Comm. Petrop. vol. 12, p. 195.

x) Acta Acad. Caeſar. vol. 4, p. 507. (die Methode iſt etwas anders, als hier beſchrieben wird. M. nimmt Ringe von Sturzblech, füllet ſie über die Hälfte mit feuchten Gießſand, legt darüber eine Schicht feuchten Tripel, drücket hierauf das Glas, das verbeſſert werden ſoll, in dieſe Maſſe, läßt ſie allmählig trocknen, nachdem man das Glas ſanft herausgenommen hat, ſetzet darauf die Formen mit Stücken gutes Glaſes, dem man etwa ſchon eine gewiſſe Runde gegeben hat, unter eine Muffel in einen dazu beſonders bereiteten Ofen, und bringt darinn das Glas zum Schmelzen, und läßt es in dem Ofen ſelbſt wieder abkühlen, wobey man ſorgfältig Acht hat, daß die Glasmaſſe nicht die geringſte Erſchütterung leide. A.)

y) Deutlicher: der Oeffnung, welche das letzte Glas haben muß, um juſt nicht mehr und nicht weniger Strahlen durchzulaſſen, als von dem auf der Axe befindlichen Puncte des Gegenſtandes auf das erſte Glas fallen. A.

leſkope als Mikroſkope durch das Verhältniß der Durchmeſſer des urſprünglichen Strahlenkegels und des Strahlenkegels, wie er in das Auge kömmt, ausgedrücket *).

Die Mikrometer, von welchen in der vierten Periode dieſer Geſchichte gehandelt iſt, haben noch beträchtliche Mängel. Insbeſondere hält es ſchwer mit ihnen Gegenſtände, die in Bewegung oder zu groß für das Geſichtsfeld ſind, zu meſſen; ſo daß man die Durchmeſſer der Sonne und des Mondes ſehr genau damit zu beſtimmen nicht im Stande iſt. Inzwiſchen hatte man ſich die ganze Zeit bisher damit behelfen müſſen, bis daß man in den neuern Zeiten auf eine Einrichtung kam, welche von jenen Mängeln frey iſt, und darinn beſteht, daß das Teleſkop zwey Objectivgläſer bekömmt. Dieſe ſinnreiche Erfindung macheten faſt zu gleicher Zeit Servington Savery und der berühmte Bouguer.

Heliometer, oder Objectivmikrometer.

Es werden nämlich zwey Objectivgläſer von gleichen Brennweiten neben einander geſtellet, daß ein und daſſelbe Augenglas für beyde dienet. Solchergeſtalt entſtehen zwey deutliche Bilder des Objects in dem Brennpuncte des Augenglaſes und man kann die Entfernung dieſer Bilder, weil ſie ſich nach der Entfernung der Objectivgläſer von einander richtet, ſehr genau meſſen. Nöthig iſt es nicht, daß die ganze Scheibe der Sonne oder des Mondes von dem Geſichtsfelde gefaſſet werde; denn wenn nur die Bilder eines kleinen Stückes der Scheibe durch jedes Objectivglas zu ſehen ſind, ſo kann man den ganzen Diameter der Scheibe leicht aus der Entfernung ihrer Bilder von einander herausbringen. Iſt das Object groß, ſo werden die Bilder ſich einander nähern, ja vielleicht zum Theil in einander rücken. Da die Objectivgläſer beweglich ſind, ſo kann man die beyden Bilder genau mit einander zur Berührung bringen, und ihr Durchmeſſer läßt ſich aus der bekannten Entfernung der Mittelpuncte der Gläſer berechnen a).

Weil dieſes Werkzeug ein Mikrometer in dem Brennpuncte des Ocularglaſes für beyde Objectivgläſer hat, ſo läßt ſich, wenn die Bilder der Sonne oder des

z) Wenn a die Entfernung des Gegenſtandes von dem erſten Glaſe, l die Entfernung iſt, in welcher man den Gegenſtand mit bloßen Augen zu ſehen pfleget, m die Vergrößerungszahl, welche nämlich anzeiget, wie vielmal der Sehewinkel durch das Inſtrument größer als in der Entfernung l iſt; wenn x der Durchmeſſer der Oeffnung und y der Durchmeſſer des Lichtcylinders iſt, welcher von dem auf der Axe befindlichen Puncte des Gegenſtandes durch das letzte Glas ins Auge kömmt, ſo iſt ma: l = x: y. S. Mem. de Berl. 1757, p. 289. K.

a) Hiſt. de l' Ac de Paris. 1748. p. 128. Unmittelbar läßt ſich dieſe letztere Entfernung nicht meſſen, wenn man ganze oder über die Hälfte große Gläſer mit Bouguer nimmt. Man muß in zween Fällen für ein Object, das dem bloßen Auge unter einem bekannten Winkel erſcheint, die Stellung der Gläſer wiſſen, bey welcher die beyden Bilder einander berühren. Hieraus muß die ſcheinbare Größe eines andern Objects, mittelſt der Veränderung der Stellung der Gläſer, die man durch die Umdrehung einer Schraube erfährt, hergeleitet werden. Dies Verfahren, hat hier einige Schwierigkeiten mehr, als bey dem gewöhnlichen Mikrometer, weil man die Mittelpuncte der Objective nicht zur Berührung, wie die Faden, oder die Spitzen eines Mikrometers bringen kann. Man findet hierüber eine ſehr gründliche Belehrung in Hrn. Käſtners aſtron. Samml. 2. B. S. 376 — 408. wo zugleich des Hrn. de la Lande nicht völlig richtige Vorſchriften verbeſſert werden. K.)

Mondes zum Theil einander bedecken, der gemeinſchaftliche Theil beyder Bilder mit großer Genauigkeit meſſen, weil ſie auf einem Grunde geſehen werden, der nur um die Hälfte weniger helle iſt, als ſie ſelbſt; ein ſehr vortheilhafter Umſtand bey dieſem Werkzeuge, da ſonſt die Himmelskörper auf einem dunkeln Grunde geſehen, und deswegen für größer gehalten werden, als ſie wirklich ſind. Durch Hinzuſetzung einer leichten Vorrichtung, ließen ſich, glaubet Bouguer, mit dieſem Inſtrumente, woferne es nicht zu lang iſt, Winkel von drey bis vier Graden meſſen, welches bey Meſſung des Abſtandes der Fixſterne vom Monde von großer Brauchbarkeit iſt [b]).

Saverys Aufſatz, der eine umſtändliche Beſchreibung ſeiner Einrichtung dieſes Werkzeuges enthält, ward in der Königl. Geſellſchaft den 27. Octob. 1743. vorgeleſen, und Bouguers Nachricht von ſeinem Werkzeuge, das er ein Heliometer nennt, befindet ſich in dem Jahrgange von 1748. p. 15. der Abhandlungen der Akademie der Wiſſenſchaften [c]).

Eine wichtige Verbeſſerung an dieſer Gattung von Mikrometer iſt die, welche **Dollond** dabey anbrachte, da er ſtatt zweyer ganzer Objectivgläſer, bloß ein einziges nahm, welches er in zween gleiche Theile zerſchnitten hatte, die über einander hin geſchoben werden. Jedes dieſer halben Objectivgläſer giebt ein beſonderes und deutliches Bild, und ſie ſind, weil man die Entfernung ihrer beyden Mittelpuncte von einander genau wiſſen kann, eben ſo gut wie zwey ganze Objectivgläſer zu gebrauchen, ja noch bequemer in einigen Abſichten [d]).

Herr

b) Hiſt. de l' Ac. de Par. 1748, p. 130. 131. (Das Mikrometer in dem Brennpuncte des Oculars iſt eigentlich nicht nöthig. B.)

c) Saverys Aufſatz befindet ſich in den Philoſ. Tranſ. vol. 48, part. 1, p. 167 ſqq. Seine Erfindung kömmt doch nicht ganz mit Bouguers ſeiner überein. Er läßt die Stellung der Objective ungeändert, und begnüget ſich damit, die Unterſchiede zwiſchen den Sonnendurchmeſſern genau anzugeben, und zwar mittelſt eines gewöhnlichen Mikrometers in den Brennpuncten. Die Sonnenſcheibe ſelbſt in großer Schärfe abzumeſſen, das überſteigt, wie er glaubet, die menſchliche Kunſt. Eben dies aber leiſtet Bouguer dadurch, daß er die Entfernungen der Objective von einander ändert. Darum, und weil man nicht ſieht, daß Bouguer etwas von S. Erfindung erfahren hätte, verbleibt ihm die völlige Ehre der Erfindung, wiewohl es billig war, daß S. Andenken durch die Bekanntmachung ſeines Aufſatzes in den Tranſactionen erhalten ward. Dollond hat zwar ſeine Objective auch beweglich gemachet, aber iſt nicht eher darauf gefallen, als bis Bouguers Erfindung ſchon bekannt war. Hingegen iſt Dollonds Vorrichtung, der zwey halbe Objective nimmt, bequemer als Bouguers ſeine. Bey jener findet man den Werth der Schraubengänge, wodurch die Objective beweget werden, aus einem einzigen Winkel, wie bey dem gewöhnlichen Mikrometer, da man mit Bouguer zwey Winkel brauchet. Der Abſtand der Mittelpuncte der Dollondiſchen Objective kann null werden, und wenn ſie nicht beyſammen ſtehen, kann man ihren Abſtand meſſen; auch kann man mit ihnen ganz kleine Winkel meſſen, mit Bouguers ſeinen nicht ſo leicht. Entlehnet aus Hrn. Käſtners aſtron. Samml. B. 2. S. 409. ff. A.

d) Philoſ. Tranſ. vol. 48, p. 178 (Dollond ſchlägt vor, die Länge des Fernrohres zu verkürzen, hinter den halben Objectiven ein ganzes zu ſetzen. Phil. Tranſ. vol. 48. p. 558. wo er ſeine Gedanken umſtändlicher als in dem erſten Aufſatze, pag 178 eröffnet.

Hr. D. Zeiher gab ſich viel Mühe um die Verfertigung der Brennſpiegel, beſonders in der lobenswerthen Abſicht ſie wohlfeiler zu machen, ſo daß faſt jeder Naturforſcher ſie in ſeiner Privatſammlung haben möchte. Zuerſt wollte er Kirchers Entwurf ausführen, ehe er erfuhr, was Büffon durch eine Verbindung mehrerer Planſpiegel geleiſtet hätte. Darauf machete er ein nach Newtons Art eingerichtetes und verbeſſertes Inſtrument, das aus mehrern Hohlſpiegeln beſtand, die er, zur Erſparung der Koſten aus ebenen Glasplatten bereitete, indem er dieſe auf metallene Schüſſeln legte, und ſie ſo heiß machete, daß ſie dieſelbe Geſtalt mit dieſen annahmen *e*). Brennſpiegel.

Richmann machete allerhand Verſuche, das Verhältniß der Hitze, welche Brennſpiegel in verſchiedenen Entfernungen von ihrem Brennpuncte hervorbringen, zu erfahren, und ſie mit der natürlichen Wärme des Sonnenlichtes zu vergleichen; er konnte aber nichts beſtimmtes herausbringen, und ob er gleich einen andern Weg vorſchlägt, der wahrſcheinlicher Weiſe beſſer glücken ſollte, ſo findet ſich doch nicht, daß er ſeinen Entwurf je ausgeführet hätte *f*).

Zum Schluſſe dieſer Nachricht von optiſchen Werkzeugen füge ich noch die von einem Werkzeuge bey, das uns Hr. Martin unter dem Namen Graphical Perſpective, Abzeichnungsperſpectiv, beſchreibt. Es beſteht aus einer Röhre, mit zwey Linſengläſern *g*), die um das doppelte ihrer Brennweite von einander ſtehen, und in deren gemeinſchaftlichem Brennpuncte ein anderes Glas ſich befindet, welches mit der Spitze eines Diamantes in gleiche Vierecke eingetheilet iſt. Ungeachtet alſo dieſes Werkzeug keine Vergrößerung verſchaffet, ſo dienet es doch, den Winkel, unter welchem ein Sache geſehen wird, auf eine leichte Art zu erfahren. Da dieſer Winkel ſich nach der Entfernung des Objectes richtet, ſo kann man mittelſt dieſes Werkzeuges unzugängliche Höhen und Weiten meſſen; und weil das Geſichtsfeld in gleiche Vierecke getheilet iſt, ſo dienet es die Anſichten der Gegenſtände aufzunehmen. Weil auch alles fremde Licht durch die Röhre abgehalten wird, ſo giebt es Gemälden, die man dadurch betrachtet, eine ſchöne Erhobenheit, ſo daß theils dieſer Urſache willen, und theils, weil die Objecte ſich darinn umgekehrt entwerfen, die Bilder in einem verfinſterten Zimmer ſich beſonders ſchön dadurch ausnehmen. Nimmt man ein Linſenglas von größerer Brennweite zum Vorderglaſe, ſo verwandelt ſich dieſes Werkzeug in ein Fernrohr, wodurch Kupferſtiche vergrößert erſcheinen; Abzeichnungsperſpectiv.

eröffnet. Am vortheilhafteſten, ſaget er, werden die halben Objective an dem Ende eines reflectirenden Teleſkops angebracht, wo der große Hohlſpiegel ſich gegen ſie ſo verhält, wie dort das ganze Objectiv gegen ſie ſich verhält — Beſchreibungen und Abbildungen von wirklichen Teleſkopen, an welche dieſes Objectivmikrometer angebracht iſt, giebt Hr. de la Lande, Aſtron. § 1945 — 1960 — Eine ſehr wohlfeile Art, ſich ein Objectivmikrometer, zum Gebrauche bey Beobachtungen eines Kometen, zu verfertigen, giebt Hr. Lambert an; Beyträge zur Mathem. Th. 3. S. 221 — Eine Diſputation de micrometro obiectiuo haben Hallencreuz und Inſulin 1767 zu Upſala vertheidiget. K.

e) Noui Comm. Petrop. vol. 7. p. 237.

f) Noui Comm. Petrop. vol. 3. p. 340.

g) Von gleicher Brennweite. K.

nen; nimmt man ein kleineres, so hat man ein Mikroskop, und beydemal läßt sich dasselbe Mikrometer gebrauchen h).

Zusätze des Uebersetzers.

I. In einer Abhandlung sur les lorgnettes achromatiques, in den nouveaux Mem. de Berlin 1771, p. 338. zeiget Hr. Lambert, wie man in Perspectiven mit einem Augenglase allein, oder mit einem davor befindlichen dritten Convexglase, die Farbenspielung vermeiden könne, ohne daß man nöthig hat, zweyerley Glasarten zu nehmen. Man kann die Möglichkeit hievon ohne Rechnung folgendermaaßen sich begreiflich machen — Die blauen Strahlen fahren nach der Brechung durch das Objectivglas nach einem nähern Puncte hinter dem Ocular zu als die rothen. Nun werden sie aber durch das Ocular wieder stärker gebrochen, als die rothen, um das virtuelle Bild vor dem Ocular zu machen, und zwar nach der entgegengesetzten Seite hin, als wohin sie vorher gebrochen wurden. Also muß es wohl möglich seyn, die Veranstaltung so zu treffen, daß sie nunmehr mit den rothen von einem Puncte herkommen. Mit einem convexen Ocular geht dies nicht an, weil die zweyte Brechung den Vereinigungspunct der blauen noch mehr entfernet — Diese Betrachtungen können dienen, die Ursache der S. 61. dieser Uebers. bemerkten Vorzüge, welche das galileanische Fernrohr in einigen Stücken vor dem astronomischen hat, besser zu erklären.

II. Nachtfernröhre, (lunettes de nuit, telescopia nocturna) oder Katzenaugen sind ordentliche astronomische Fernröhre, die zwar wenig vergrößern, aber desto mehr übersehen lassen, und wegen ihrer großen Oeffnung, Gegenstände, die nicht sehr leuchten, als Kometen, teleskopische Fixsterne, sichtbar machen. Man kann sie auf eine ganz einfache Art einrichten, wenn man dem Objectiv eine größere Oeffnung und dem Ocular eine größere Brennweite, als sonst gewöhnlich, giebt. Hr. Lambert beschreibt ein solches, dessen er sich zu bedienen pfleget, in seinen Beyträgen, Th. 3, S. 204. Das Objectiv hat 7 Zoll, das Augenglas 1 Zoll Brennweite, die Oeffnung des Augenglases ist 1 Zoll im Durchmesser; das Objectiv bekömmt eine Oeffnung von 8 bis 12 Linien im Durchmesser, jene bey Tage, weil da der Augenstern klein ist, diese bey Nacht. Dieses Instrument fasset 6 bis 7 Grad am Himmel, und läßt bey hellen Nächten die Trabanten des Jupiters erkennen, wenn sie ihm nicht zu nahe sind. Eben daselbst, S. 205 beschreibt er eine Lorgnette, die nur $2\frac{1}{2}$ Zoll lang ist, und über 7 Grade fasset. Das Objectiv hat eine Brennweite von $3\frac{1}{4}$ Zoll, und eine Oeffnung von 13 Linien. Das Augenglas ist concav, und hat eine Brennweite von 1 Zoll.

Hr. de la Lande redet von diesen Nachtfernröhren auch in seiner Astronomie § 1811 der 1 Ausg. und scheint zu glauben, daß er das Geheimniß derselben zuerst entdeckete. Die Sache muß aber doch schon länger bekannt gewesen seyn, theils weil

h) Martin's Opticks, p. 288.

weil sie leicht zu erfinden war, theils weil Huygens schon dergleichen Fernröhre beschreibt, die zwey Oculare haben, zwischen welche das Bild des Gegenstandes fällt *). Man kann auch zwey Convergläser zwischen das Objectivglas und das Bild setzen, dergleichen Musschenbröck beschrieben und abgebildet hat **). Mehrere Untersuchungen hierüber findet man in Hrn. Kästners astron. Samml. B. 2. S. 252, ff.

III. Eine Vergleichung der bekanntesten und besten Vergrößerungsgläser hat Hr. D. Pelisson in dem ersten Stücke der Beschäfftigungen der Berlinischen Gesellschafft ꝛc. S. 352 mitgetheilet. Das Kuffische, wie es von Ring und Vennebruch in Berlin verfertiget wird, rühmet er wegen seiner Wirkung, bequemen Form und Einrichtung des Zubehörs, auch wegen der äußern Simplicität. Diesem komme das Branderſche sehr nahe, wiewohl man von letzterm noch etwas mehr Festigkeit in der Zusammensetzung erwarten könne. — Die von Adams in England verfertigten Mikroskope, welche daselbst sehr in Ansehen stünden, habe er zwar nicht gesehen, doch theilet er die Einrichtung mit. Es hat ein doppeltes Ocular — das von Reinthaler in Leipzig verfertigte habe eine vortreffliche Bewegung der Röhre mittelst eines Rades mit einer gezähnten Stange, komme sonst in der Wirkung dem Kuffischen nahe — Hofmann in Leipzig verfertige zweyerley Gattungen, deren eine wegen der Klarheit, das andere wegen der Vergrößerung viel Lob verdiene, aber in Absicht auf äußere Gestalt, Festigkeit und Bequemlichkeit andern nachstehe — das Dellebarische Mikroskop sey von seinem Erfinder in Holland mit einem marktschreyerischen Tone angepriesen, habe aber nichts vorzügliches an sich, wie das von der Berliner Akademie für 70 Rthlr. erkaufte Stück beweise. Das Gesichtsfeld sey wegen des verdoppelten Oculars groß, sonst gebe es wenig Klarheit, sey dabey unbequem und wandelbar. Herr Pelisson theilet dabey eine Vergleichungstafel der Einrichtungen aller dieser Mikroskope mit, in der aber, wenn ich sie anders recht verstehe, die Einrichtung des Objectivglases nicht mit angeführet ist. Für eines der vollkommensten Mikroskope, saget er, würde er dasjenige halten, welches nach der Kuffischen Methode eingerichtet wäre, statt der Stellschraube den Reinthalerischen Mechanismus des Rades und der gezähnten Stange, und vom Hofmannischen die Röhre zu den Gläsern hätte. Zur Ausmessung empfiehlt er das nach Branderscher Art eingerichtete Mikrometer, welches aus einem auf einer runden Glasscheibe, in 3600 kleine getheilte Quadrate von $\frac{1}{2}$ Zoll besteht.

Der sinnreiche und fleißige Mechanicus Brander in Augsburg hat die von ihm verfertigten Mikroskope in einer kleinen, 1769 zu Augsburg herausgegebenen Schrift beschrieben, und abgebildet. Beyde sind in der innern Einrichtung einerley und bloß in der äußerlichen verschieden; das eine hat ein Gitter- das andere ein Schraubenmikrometer. Von eben diesem Künstler ist in gegenwärtigem Jahre eine Zugabe zu seiner 1769 herausgegebenen Beschreibung einer Camera obscura herausgekommen. Es ist nun aus derselben eine optische Universalmaschine geworden

*) Dioptrica, prop. 51. **) Introd. in phil. nat. vol. 2, p. 795.

den, indem man die verschiedenen Stücke ändert und anders zusammensetzet, nachdem man diese oder jene Absicht hat.

Hr. Prof. **Wiedeburg** in Jena hat die **Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroskops bekannt gemachet**, wovon in diesem Jahre eine neue Auflage erschienen. Das wichtigste scheint mir darinn die Vorrichtung zur Bewegung des Spiegels zu seyn, wozu er ein Räderwerk brauchet, welches zwischen zwo Tafeln eingeschlossen ist, nur daß mir wegen der dabey vorkommenden Schrauben die erste Richtung des Spiegels gar zu langsam auszufallen scheint, wiewohl dafür auch die wegen des veränderten Standes der Sonne nöthige Verrückung des Spiegels desto behender geschieht.

IV. Hr. **Lambert** kam bey Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Sprachröhren auf den Gedanken: ein ähnliches Werkzeug für das Licht wie für den Schall zu erfinden. Er beschreibt seine Erfindung in dem Jahrgange von 1770 der Mem. de Berlin, p. 51. Diese Erleuchtungsröhren sind hole abgekürzte Kegel von weißen wohl polirten Bleche. Zum Versuche nahm Hr. Lambert eine solche Röhre, die 10 Zoll lang, an dem einen Ende $2\frac{5}{8}$ Zoll, an dem andern $4\frac{1}{4}$ Lin. weit war. Mit dieser konnte er mittelst der Sonnenstrahlen eine Lunte, welche er in die kleine Oeffnung hielt, in zwo Minuten in Brand bringen. Wie er sie mit der kleinen Oeffnung vor eine Lichtflamme brachte, warf sie das Licht so weit, daß er 40 bis 45 Fuß davon lesen konnte. Die Höhe des abgeschnittenen Kegels muß dem Halbmesser der größern Oeffnung des Kegelstückes gleich seyn. Die Axe des abgekürzten Kegels kann 5 Zoll werden, so wird die Axe des ganzen $7\frac{1}{3}$ Zoll, also der Durchmesser der größern Oeffnung $4\frac{2}{3}$ Zoll. Die unterste Seite des Kegelstückes machet mit der zu erleuchtenden Fläche am besten einen Winkel von 45 Grad. Die obere Oeffnung wird senkrecht abgeschnitten, wenn diese Fläche horizontal ist. Das Blech so zu schneiden, daß der Schnitt, wenn es zusammen gefüget wird, eine senkrechte Ellipse machet, lehret Hr. Lambert durch eine artige geometrische Construction. Er hat eine solche Erleuchtungsröhre an einer Lampe angebracht, die in dem wesentlichen mit den gewöhnlichen übereinkömmt. Die Erleuchtung ist sehr bequem und gleichförmig, die Lampe wird zur Seite gesetzet. Hr. Lamb. stellet die Lichtflammen 12 bis 13 Zoll hoch, und 2 Fuß vom Papier am Ende des Tisches. Auf solche Art erhält er über den ganzen 5 Fuß langen Tisch ein sehr gutes und gleichförmiges Licht. Man kann eine solche Lampe sehr gut brauchen, um im Bette auf 5 bis 8 Fuß weit davon zu lesen. Als er aus einem Fenster, das 15 Fuß hoch über der Gasse war, die Gasse erleuchtete, konnte man in der Weite von 60 Fuß jeden Strohhalm erkennen, und in einer Weite von 35 bis 40 Fuß lesen.

Vierzehnter Abſchnitt.

Erweiterungen in dem mathematiſchen Theile der Optik.

Die Optik hat gewiß keine Urſache ſich über die Mathematik zu beſchweren, daß dieſe ihr nicht alle mögliche Dienſte geleiſtet hätte. Sehr viele vortrefflich ausgeführte Abhandlungen in dieſem Fache ſind in den Sammlungen einiger naturforſchenden Geſellſchaften erſchienen, ohne die Bücher zu rechnen, welche beſonders über dieſen Gegenſtand abgefaſſet ſind. Diejenigen, die ſich in dieſem Felde am meiſten gezeiget haben, ſind die Herren **Euler**, **Clairaut** und **d' Alembert**.

Kein Umſtand, der zur Vollkommenheit der Fernröhre etwas beyträgt, iſt der Aufmerkſamkeit des Hrn. **Euler** entgangen. Seine mühſamen Rechnungen in dieſem Fache finden ſich in den Abhandlungen der Berliner Akademie zerſtreuet, ſie ſind aber gegenwärtig in ein Syſtem zuſammengetragen, in einem zu Petersburg gedruckten Werke, das in den Nou. Comm. Petrop. vol. 12, p. 23 angekündiget ward [a]). Die Abweichung der Lichtſtrahlen durch ſphäriſche Gläſer iſt vom Hrn. **Käſtner** berechnet, deſſen Abhandlungen über dieſe Sache in den Comment. Gottingenſ. vol. 1, p. 185. und vol. 2, p. 183 ſich befinden [b]). Der Graf **von Redern** gab ſich auch viele Mühe, die Gründe, worauf die Verfertigung der Teleſkope und

a) Dieſes Werk iſt zu Petersburg in den Jahren 1769. 1770. und 1771. in drey groß Quartbänden von 337. 592. und 440 Seiten mit einigen Kupferplatten herausgekommen. In dem erſten Bande werden die allgemeinen Gründe zur Verfertigung der Teleſkope ſowohl als der Mikroſkope vorgetragen, welche in dem zweeten Bande auf die Fernröhre, die dioptriſchen ſowohl als katadioptriſchen, und in dem dritten auf die Mikroſkope angewandt werden. In dieſem vortrefflichen Werke ſind alle dioptriſche Formeln und Gleichungen ſo nett, ſo geſchmeidig, und unter allen Geſtalten und Abänderungen vorgetragen, daß es vor allen Schriften in dieſer Materie einen großen Vorzug hat. Man braucht nur ſehr mäßig in mathematiſchen Rechnungen geübt zu ſeyn, um es durchgehends zu verſtehen, und man erwirbt ſich eine nicht geringe Fertigkeit in Behandlung der Gleichungen zwiſchen vielerley veränderlichen Größen, wenn man die häufigen Anwendungen der allgemeinen Rechnungen auf beſtimmte Fälle gemachet ſieht. Ich gebe nur den Rath, daß man ſich die Grundgleichungen zwiſchen den dioptriſchen Größen beſonders ausziehe, damit man über die Verſchmelzung und Verflechtung derſelben nicht verwirret, und durch die Wiederhohlungen weniger aufgehalten werde; wie auch, daß man ſich zu jedem Falle eine beſondere Figur zeichne, weil Hr. Euler zu allen Fällen nur einerley Figur braucht. Künſtler werden zwar eine Menge vollſtändig berechneter Fälle finden; inzwiſchen werden ſie das Werk wohl nicht ohne Hülfe brauchen können. Wie ich vernehme, hat Hr. E. aber ſchon in einer ganz neulich herausgekommenen Schrift, Inſtruction pour porter les lunettes au plus haut degré de perfection, für ſie geſorget. K.

b) Hr. **Käſtner** iſt der erſte, der eine vollſtändige Anwendung der allgemeinen Arithmetik auf die Optik geliefert hat, und zwar in ſeiner Ausgabe der Smithiſchen Optik, Altenb. 1755. 4. Es wäre zu wünſchen, daß dieſer ſcharfſinnige Gelehrte ſich entſchlöſſe, zur Ergänzung dieſes Werkes der Optik einen ähnlichen Dienſt zu thun, wie er ihn der Aſtronomie durch die reichhaltigen aſtronomiſchen Sammlungen gethan hat. K.

und Mikroskope beruhet, aus einander zu setzen, und daraus Regeln für die Ausübung herzuleiten c).

Brechungslinie.

Die Erscheinungen des Lichtes leiteten den Herrn **Mairan** auf die Vorstellung einer krummen Linie, welche noch eine andere als die Brennlinie ist, und die er die Brechungslinie (refractoire) nennt, weil sie die scheinbare Gestalt des ebenen Bodens eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, für ein über der Mitte der Oberfläche senkrecht befindliches Auge darstellet. Der Boden wird sich diesem Auge von der Mitte auswärts zu erheben scheinen, aber die scheinbare Krümmung wird immer geringer werden, so daß die Fläche des Wassers eine Asymptote davon ist. Er fand verschiedene Arten dieser krummen Linien, entwickelt ihre Eigenschaften geometrisch, und zeiget ihre Verwandschaft mit den Brennlinien gebrochener Strahlen d).

Lichtlinie.

Weil eine Linie, sie sey gerade oder krumm, von einem leuchtenden Puncte an verschiedenen Stellen verschiedentlich erleuchtet wird, nachdem diese Stellen mehr oder weniger von dem Licht entfernet sind, so nahm **Kurdwanowski**, ein polnischer Edelmann, daher Gelegenheit, eine krumme Linie anzugeben, deren Ordinaten die verschiedenen Wirkungen des Lichtes auf die verschiedenen Puncte irgend einer krummen Linie ausdrücken. Er nennt diese krummen Linien courbes à la lumiere e).

Smiths Lehren von der scheinbaren Gestalt ꝛc.

Dr. **Smith** hat in einer Reihe von Lehrsätzen, die scheinbare Gestalt, Lage, Größe und Entfernung großer Gegenstände bestimmen gelehret, die man durch gebrochene oder zurückgeworfene Strahlen sieht f). Diese Untersuchung hat **Newton** nirgends berühret, und bloß ein paar Fälle davon haben **Huygens** und **Barrow**, wiewohl unvollständig vorgenommen. Sie gehöret also unserm Verfasser eigenthümlich zu, weil sie aber keines Auszuges fähig ist, so muß ich den mathematischen Leser auf das Buch selbst verweisen, und mich bemühen, einige der merkwürdigsten Erscheinungen anzuführen, die Smith durch seine Grundsätze erkläret hat.

Ein gerades Object muß seiner Theorie zufolge, wenn man es durch ein auf beyden Seiten ebenes Glas betrachtet, ein wenig hohl nach dem Auge hin aussehen, wiewohl dies fast unmerklich ist, es müßte denn das Glas sehr dicke seyn g).

Auch stimmet es mit dieser Theorie überein, daß ein großes ebenes Object, welches man durch ein tiefes Hohlglas betrachtet, allemal gegen das Auge hohl scheinet, und dieses desto mehr, je weiter das Object entfernet ist, und das Auge zugleich etwas vom Glase absteht h).

Ein großes ebenes Object, welches man durch ein sehr dickes Converglas, oder eine dicke Kugel umgekehret erblicket, sieht einem etwas vom Glase entfernten Auge conver aus, aber hohl, wenn es aufrechtstehend erscheint. Die parallelen Fäden eines Mikrometers sind ein anderes Beyspiel, als welche immer gegen das Auge

c) Mem. de Berlin, 1761.
d) Hist. de l'Ac. de Par. 1740. p. 121. Mem. p. 1.
e) Ibid. 1732. p. 135.
f) Opticks, vol. 1. p. 135. (d. d. A. S. 144. Smiths Grundsatz von der scheinbaren Weite ist aber ganz unerwiesen und ohne Zweifel unrichtig, S. dieser Periode 12 Abschn. 6 Kap. A.)
g) Opticks, Remarks, p. 83.
h) Ibid. p. 84.

Auge hohl und gegen einander erhoben ſcheinen, wenn ſie ſoweit von einander geſtellet werden, daß man ſie mittelſt der durch den Rand des Glaſes kommenden Strahlen ſieht i).

Einige merkwürdige Ereigniſſe beym Sehen mit beyden Augen erkläret Smith gleichfalls aus dieſen Grundſätzen. Inſonderheit unterſuchet er den oben angeführten Verſuch mit dem Zirkel umſtändlicher und füget noch eine andere Art bey, wie man die Schenkel deſſelben beobachten könne.

Zwo Sachen erſcheinen wie drey.

Man ſoll nämlich den Zirkel bis auf eine gewiſſe Weite öffnen, und ihn an dem Gewinde mit ſeinen Schenkeln in eine Ebene halten, die ſoviel möglich ſenkrecht auf die Ebene durch die Sehearen iſt, ſo daß dabey die Spitzen in dieſer letztern liegen; die Axe des rechten Auges ſoll unverwandt nach der Spitze linker Hand und die Axe des linken Auges nach der Spitze rechter Hand gerichtet werden; alsdenn werden die beyden innern von den vorher doppelt geſehenen Schenkeln in einen einzigen zuſammenrücken, der wie ein dritter Schenkel in der Mitte zwiſchen den beyden andern erſcheinen, und unten von dem Gewinde hinauf nach dem Durchſchnitte der Sehearen hin ſich erſtrecken wird. Dieſer mittlere Schenkel wird, wenn man ihn aufmerkſam betrachtet, kleiner zu werden, und dem Auge näher zu kommen ſcheinen, ſo wie die wahren Schenkel allmählig von einander entfernet werden; aber größer werden und ſich entfernen, wenn man dieſe einander nähert k).

Eben dieſe Erſcheinung, ſaget er, bemerket man auch, wenn man zwey angezündete Lichter, von gleicher Höhe und Dicke zwey oder drey Fuß von ſich betrachtet; nur daß das ſcheinbare Licht in der Mitte dem Auge nicht ganz ſo nahe kömmt, als der ſcheinbare Schenkel des Zirkels es that, in Abſicht auf das Verhältniß der Entfernungen der wahren Gegenſtände.

Es ſeyn a a und b b die Durchmeſſer der Lichter, d und e die Mittelpuncte der Augenöffnungen, a e a und b d b zween Lichtkegel, die ſich in f kreuzen, wo die beyden Lichter ein einziges auszumachen ſcheinen, deſſen Dicke der Breite der Strahlenkegel in f, oder ein wenig weiter darüber hin, proportioniret iſt. Werden nun die beyden Lichter allmählig von einander entfernet, ſo wird ihre ſcheinbare Vereinigung in f näher zu rücken, und kleiner zu werden ſcheinen, wenn man die Augen immer darauf gerichtet hält. Denn die ähnlichen und gleichen Bilder der beyden Lichter auf ähnlich liegenden Puncten der beyden Netzhäute erregen dieſelbe Empfindung, welche zwey ſolche Bilder eines einzelnen in f befindlichen Lichtes hervorbringen würden, und man verknüpfet alſo damit die gewöhnliche Vorſtellung eines einzelnen Lichtes. fig. 127.

Zieht man die Linie a f e, b f d, auf einem ebenen Brette, einen oder zween Fuß lang, und ſtecket in ihrem Durchſchnitte f eine Nadel aufrecht feſte, und hält die Augen nahe an den Rand des Brettes, ein wenig über den Puncten d und e, ſo wird man, indem man die Nadel ſteif anſieht, die beyden Linien f a, f b, als eine einzige, aufrecht ſtehende, auf der Stelle, wo die Nadel ſtecket, oder nahe bey derſelben,

i) Opticks, Remarks, p. 84.

k) Ibid. p. 86.

ſelben, erblicken. Denn in dieſem Falle können ſie nicht an zwo verſchiedenen Stellen geſehen werden, ſondern müſſen in dem gemeinſchaftlichen Durchſchnitte der beyden Ebenen erſcheinen, welche durch die Augenöffnungen und die Linien af, bf, gehen.

Erſcheinungen im Hohlſpiegel.

Aus dieſen Gründen erkläret unſer Verfaſſer noch eine Erſcheinung, die anfangs ſehr befremdend iſt. Als er einen Maaßſtab aufrecht zwiſchen ſeinen Augen, mit der breiten Seite nach der Stirne hin, und etwa einen Fuß weiter von einem Hohlſpiegel hielte, als der Mittelpunct ſeiner Krümme lag, ſo ſah er mit jedem Auge allein betrachtet, erhaben, mit beyden zugleich, hohl aus *l*).

Daraus erkläret er auch einen Fall, den Barrow als was beſonderes anführet. Wenn einer ſein Geſicht in einem Hohlſpiegel, ziemlich nahe davor, betrachtet, erſt mit dem rechten allein, dann mit dem linken, ſo wird das Bild einmal wie das anderemal ſich darſtellen, nur daß es in dem einem Falle mehr nach dieſer Hand, in dem andern nach jener Hand hin liegt. Sieht man aber ſogleich mit beyden Augen darauf, ſo werden die beyden Angeſichter ſich in einziges, weit größeres und entfernteres Angeſicht, das mehr vertiefet iſt, als jenes, ſich vereiniget zu haben ſcheinen. Desgleichen ſcheint auch eine perſpectiviſche Zeichnung, die man vor einem großen Hohlſpiegel, ein wenig über deſſen Brennpunct nach ihm zu hält, jemanden, der dichte hinter dem Blatte ſteht, und darüber wegſieht, in dem Spiegel viel größer und in die Ferne laufend, folglich viel natürlicher aus, als wenn man ſie unmittelbar betrachtet *m*).

Zuſatz des Ueberſetzers.

Der vorhergehende Abſchnitt iſt etwas mager ausgefallen, beſonders da das meiſte in den 12. Abſchnitt gehöret, wiewohl ich auch geſtehen muß, daß es nicht leicht ſeyn würde, einen verſtändlichen Auszug aus den hieher gehörigen mathematiſchen Schriften zu geben. Ich gedachte anfangs einen ſolchen aus d'Alemberts und Eulers Schriften zu verſuchen: allein, wenn es gleich nicht ſchwer geweſen wäre, aus des letztern Dioptrik die Grundgleichungen auszuziehen, ſo möchten doch bloße Formeln ohne allen Beweis oder doch wenigſtens ohne die nöthigen Erläuterungen, die hier zu weitläuftig geworden wären, keinen Nutzen haben. Indeſſen will ich zur Probe einen Auszug aus Herrn Eulers Berechnungen von der Zerſtreuung der Strahlen wegen der verſchiedenen Brechbarkeit geben, damit man ſich von ſeiner Methode wenigſtens einigen Begriff machen möge.

Z_____A____a____B____b___C____c

Es ſeyn drey Convergläſer in A, B, C, der Gegenſtand in Z, deſſen Bild durch das Glas A falle in a, das Bild von a durch das Glas B in b, das Bild von b durch das Glas C in c, und ſo immer weiter. Die Entfernung ZA ſey a, die Entfernungen

l) Opticks, Remarks, p. 86. *m*) Ibid. p. 87.

fernungen $Aa=\alpha$; $aB=b$; $Bb=\beta$; $bC=c$; $Cc=\gamma$, u. ſ. w. Dieſes ſeyn die Entfernungen der Bilder für die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit; für die am wenigſten oder am meiſten brechbaren Strahlen verändern ſich α um $d\alpha$; b um db oder $-d\alpha$; und damit β um $d\beta$; c um dc oder $-d\beta$; endlich γ um $d\gamma$. Weil dieſe Veränderungen klein ſind, ſo werden ſie wie differentiale behandelt. Die Brennweiten der Gläſer für die mittlern Strahlen ſeyn p, q, r; ſo iſt $p=\frac{a\alpha}{a+\alpha}$; $q=\frac{b\beta}{b+\beta}$; $r=\frac{c\gamma}{c+\gamma}$. Dieſe verändern ſich auch für die Strahlen von den äußerſten Gattungen, ſo daß $dp=\frac{aa\,d\alpha}{(a+\alpha)^2}=\frac{pp}{\alpha\alpha}d\alpha$, mit a ſich nicht verändert; aber $dq=\frac{bb\,d\beta+\beta^2db}{(b+\beta)^2}=\frac{qq}{\beta\beta}d\beta+\frac{qq}{bb}db$, weil b ſowohl als β ſich verändern; und eben ſo $dr=\frac{rr}{\gamma\gamma}d\gamma+\frac{rr}{cc}dc$. Es ſey der Halbmeſſer der vordern Fläche des erſten Glaſes $=f$, der hintern $=g$, das Verhältniß der Brechung der mittlern Strahlen aus Luft ins Glas $n:1$, ſo iſt $p=\frac{fg}{(n-1)(f+g)}$; alſo $dp=\frac{-dn}{(n-1)^2}\times\frac{fg}{f+g}=\frac{-dn}{n-1}\cdot p$. Eben ſo wird $dq=\frac{-dn}{n-1}\cdot q$; $dr=\frac{-dn}{n-1}r$.

Hieraus erhält man

I. $d\alpha=\frac{-dn}{n-1}\cdot\frac{\alpha\alpha}{-}$

II. $d\beta=\frac{-dn}{n-1}\left(\frac{\alpha\alpha}{p}\cdot\frac{\beta\beta}{bb}+\frac{\beta\beta}{q}\right)$

III. $d\gamma=\frac{-dn}{n-1}\left(\frac{\alpha\alpha}{p}\cdot\frac{\beta\beta}{bb}\cdot\frac{\gamma\gamma}{cc}+\frac{\beta\beta}{q}\cdot\frac{\gamma\gamma}{cc}+\frac{\gamma\gamma}{r}\right)$

Das Geſetz des Fortganges fällt hier deutlich genug in die Augen. Man ſieht aber auch, daß die Zerſtreuung der Strahlen nicht gehoben werden kann, woferne nicht die Brennweite eines oder mehrerer Gläſer negativ wird, oder wenn einige Gläſer nicht vertiefte Flächen bekommen. Z. E. wenn man zwey Gläſer hat, nehme man zum Ocular ein Hohlglas, ſo wird die Ordnung der Gläſer und Bilder folgende

Z_____A_____b_____B_____a

wo b aber nur ein virtuelles Bild, ein Zerſtreuungspunct iſt. Hier muß man ſtatt b, β und q, ihre entgegengeſetzte Werthe ſchreiben, alſo wird $d\beta=\frac{dn}{n-1}\left(\frac{\alpha\alpha}{p}\cdot\frac{\beta\beta}{bb}-\frac{\beta\beta}{q}\right)$ und die Farbenzerſtreuung iſt gehoben, wenn $\alpha\alpha:bb=p:q$; und in dem Falle, da a unendlich oder ſehr groß, alſo $p=\alpha$ iſt, wenn $p:b=b:q$.

Nimmt man p nach Belieben an, und beſtimmt die Entfernung β in welcher der Zerſtreuungspunct vom Auge oder dem Oculargla ſe liegen ſoll, ſo läßt ſich aus

der eben gefundenen Proportion, und der Formel für q diese q sowohl wie b berechnen. Eben so kann man, wenn man noch ein Converglas vor das hohle Ocular bringt, eine Einrichtung treffen, die Farbenzerstreuung zu vermeiden, in sofern die Abweichung wegen der Kugelgestalt keine Schranken setzet. Auch sieht man, warum, wenn man ein gedoppeltes Objectiv brauchet, um die Farbenzerstreuung zu heben, eines nothwendig ein Hohlglas oder doch ein planconcaves seyn muß. Es ließe sich dieser Endzweck auch mit einerley Art Glase erhalten, wenn nicht die Kugelgestalt zu große Einschränkungen machete. Darum sind zweyerley Arten Glases nöthig, für welche die obige Rechnung ganz leicht eingerichtet wird, wenn man den Werth von d p oder d q darnach gehörig ändert.

Der farbichte Rand läßt sich vermeiden, wenn man die Einrichtung so machet, daß die ungleichartigen Strahlen, welche von der Gränze des Gegenstandes durch die Mitte des Objectivs gehen, nach allen Brechungen wieder parallel werden. Dazu muß man den Winkel derselben mit der Axe nach der letzten Brechung wissen, welches ich hier nicht ausführen kann. Man sehe Hrn. Eulers Dioptrik, B. 1, S. 240 ff. Nur muß man noch bemerken, daß die ungleichartigen Strahlen sich nicht weiter als die Breite des Augensternes von einander entfernen dürfen — Die obigen Formeln trifft man daselbst § 300, wiewohl in einer andern Gestalt an.

Funfzehnter Abschnitt.

Vermischte Bemerkungen.

Ich habe in dieser Periode meiner Geschichte so viele besondere Abschnitte gemachet, daß mir für diesen von vermischtem Innhalte wenig übrig bleibt. Das übrig gebliebene ließ sich nicht wohl unter eine der vorigen Rubriken bringen, und doch ist es so beschaffen, daß es der Leser ohne Zweifel seiner Aufmerksamkeit werth finden wird.

Fast alle optische Versuche sind mit dem Sonnenlichte angestellet, und wenige haben daran gedacht, dieses in einer oder der andern Absicht mit dem Lichte anderer brennender Körper zu vergleichen, welches doch Anlaß zu wichtigen Entdeckungen geben könnte. Einige hieher gehörige Beobachtungen inzwischen hat Hr. Melville gemachet, die ich hier mittheile, weil sie den Grund zu etwas größerm legen mögen.

Versuche mit dem Lichte brennender Geister.

Körper von einer der Hauptfarben, namentlich roth, gelb, grün und blau, verändern sich bey dem Lichte brennender Geister sehr wenig; schüttet man aber, während daß sie brennen, Salze allmählig hinzu, so erfolgen allerhand Veränderungen. Vermischet man Salmiak, Pottasche oder Alaun damit, so erscheint die Farbe der rothen Körper etwas verblasset und schmutzig. Grün und blau sieht fast so aus, wie bey Kerzenlichte, beydes nämlich blaß, und fast gar nicht von einander verschieden. Weiß und gelb verändern sich fast gar nicht.

Wenn

Wenn Salpeter oder Seeſalz zu den brennenden Geiſtern in Menge gethan, und alles mit einander tüchtig umgerühret wird, ſo wird das helleſte roth bey dieſem eine ſchmutzige Lohfarbe (tawny brown) annehmen, ohne daß die geringſte Beymiſchung von roth darinn zu erkennen wäre. Grün verwandelt ſich in eine andere Art von braun, das ſich von jenem nur darinn unterſcheidet, daß es in eine lebhafte Olivenfarbe fällt. Wird Salpeter, aber in mäßiger Menge, zu den brennenden Geiſtern gethan, ſo bleibt noch immer etwas von einer grünlichten Farbe übrig. Dunkelblau unterſcheidet ſich von ſchwarz faſt gar nicht, als darinnen, daß es ſchwärzer ausſieht. Hellblau verwandelt ſich in ein lichtbraun, von einer beſondern Gattung. Weiß nimmt einen bleichgelben Schein an, gelb allein bleibt unverändert, und wird ſehr glänzend.

Dieſe Verſuche machete er mit allerhand Arten ſtark gefärbter Sachen, als Seidenzeuge, Tücher, und Malerfarben. Polirtes Kupfer, das von der Luft eine hohe Feuerfarbe bekommen hatte, ſchien bey eben dieſem Lichte wie Meſſing. Die Zuſchauer ſahen im Geſichte und an den Händen wie Leichname aus, und andere gemiſchte Farben, in welchen roth oder grün enthalten war, litten eben ſolche Veränderungen.

Er ſtellete einen Pappbogen, mit einem runden Loche, zwiſchen ſein Auge und die Flamme der angezündeten Geiſter, um einen kleinern und begränzten Gegenſtand zu haben, und unterſuchete mittelſt eines Prisma, deſſen brechenden Winkel er aufwärts hielte, die Beſchaffenheit dieſer verſchiedenen Gattungen Lichtes, da er denn fand, daß in dem erſten Falle, nämlich wenn Salmiak, Pottaſche oder Alaun hinzugethan ward, Strahlen von jeder Gattung von der Flamme kamen, aber nicht in gleicher Menge, weil die gelben in größerer Anzahl als die übrigen zuſammen waren, und das rothe weit ſchwächer als das grüne und blaue war. Ward Salpeter oder Seeſalz hinzugethan, ſo war blau ein wenig zu ſehen, aber ſehr ſchwach und blaß. Letzteres machete das grün eben ſo blaß, erſteres gab ein ſtarkes grün. Nahm er beyde Salze mit einander, ſo ſah er kaum eine Spur von roth, beſonders wenn ſie in Menge dazu geſchüttet, und die Geiſter immer umgerühret wurden. So oft man einhielte, kamen die rothen Strahlen unterhalb des Loches offenbar wieder zum Vorſchein, und rothe Körper, die man mittelſt dieſes Lichtes ſahe, nahmen ihre gewöhnliche Farbe einigermaaßen wieder an; wobey es ein artig Schauſpiel war, zu ſehen, wie das rothe wieder verſchwand, ſobald das Zuſchütten des Salzes und das Umrühren wieder angieng.

Das gelbe zeigete ſich bey dieſen Verſuchen noch in weit reichlicherer Maaße im Verhältniſſe gegen die andern Farben, als bey jenen, ſogar daß das Loch, wenn man es durch das Prisma anſah, bloß dieſe gelbe Farbe hatte, und ſo deutlich begränzet war, als wenn man es durch ein ebenes Glas betrachtet hätte; außer daß an der obern Seite ein ſehr blaßer Streifen von grün und blau zu ſehen war. Weiße Körper, die von dieſem Lichte erleuchtet wurden, ſchienen durch das Prisma völlig deutlich begränzet; Ereigniſſe, die, wie er ſaget, denjenigen ſehr befremdend vorkommen müſſen, welche das Prisma bloß im ungleichartigen Lichte zu gebrauchen

gewohnt

gewohnt sind, wo es allemal den Rand der Gegenstände undeutlich begränzet erscheinen läßt.

Er beobachtete bey diesem Lichte auch Seifenblasen, konnte aber daran keine helle von dunkeln abgesonderte Streifen entdecken; weil das grüne und blaue zu schwach war, um sein Auge zu rühren a).

Unser Verfasser beschließt seinen Aufsatz mit folgender Frage: Sind nicht die Strahlen, welche leuchtende Körper geben, von welcher Gattung sie auch seyn, mit den Sonnenstrahlen gleiches Wesens, sowohl was die Farbe als den Grad der Brechbarkeit anlangt; und sind nicht leuchtende Körper von einander bloß darinn unterschieden, daß die einen Strahlen von dieser Farbe, andere von jener Farbe am häufigsten aussenden, so wie undurchsichtige Körper sich durch die Farbe des auffallenden Lichtes, welches sie am häufigsten zurücksenden, von einander unterscheiden? Müßte man aber nicht, fährt er fort, um unsere Induction hinlänglich beweisend zu machen, Versuche mit dem Lichte mancherley Körper anstellen? und würde es nicht sehr zur Aufklärung dieser Frage dienen, wenn man, nach Newtons Methode, einen Sonnenstrahl bloß aus Strahlen von solchen Farben und in den Verhältnissen zusammensetzte, wie man sie in dem Lichte brennender Geister und Salze wahrnimmt? Ferner, sind auch nicht die Zwischenräume der Anwandlungen der Strahlen von einer gewissen Farbe in demselben Mittel einerley, sie mögen, von welchem Körper es sey, herkommen? Denn wenn diese Zwischenräume verschieden wären, würden sich dann nicht an den Farben der Körper Veränderungen bemerken lassen, welche man aus der Zusammensetzung der Lichter, wodurch sie erleuchtet werden, nicht erklären könnte?

Zu diesen Bemerkungen vom Melville füge ich folgende vom **Musschenbroek** gesammelte bey. Das Licht vom Kampher, wie auch vom brennenden Zink ist weiß. Zink mit Arsenik vermischet giebt eine grünlichte Flamme. Zink mit Operment eine schwarze Flamme, und Messing im Feuer giebt eine grüne Flamme.

Farben von allerhand Mischungen.

Wiewohl die Farben verschiedener Mischungen mit der Lehre vom Lichte überhaupt nicht unmittelbar in Verbindung stehen, sondern vielmehr in eine Abhandlung von diesen Substanzen selbst gehören, so möchte doch mancher Leser hier einige Nachricht davon erwarten, und deswegen will ich hier dasjenige hersetzen, was **Musschenbroek** aus **Boerhaave** und andern gesammelt, und selbst dazugefüget hat.

I. Farben, die in Flüßigkeiten entstehen, welche für sich keine Farben haben.

1. Weingeist mit rothen Rosen, wozu man, wenn er noch weiß ist, einen sauern Salzgeist gießt, so wenig, daß man es kaum sehen kann, giebt ein helles roth.

Viele rothe Blumen geben dem Weingeiste in kurzer Zeit keine Farbe, die doch mit Säuren ihn sogleich roth färben.

2. Eine

a) Edinb. Essays, vol. 2. p. 32.

2. Eine Auflöſung von Queckſilber und Weinſteinſalz giebt Orange.

3. Eine Auflöſung von Sublimat und Kalkwaſſer giebt gelb.

4. Eine Tinctur von rothen Roſen mit zerfloſſenem Weinſteinſalze oder mit Salmiakgeiſte giebt grün, ſo wie auch die Tincturen vieler andern rothen Blumen von einem Alkali grün werden.

5. Die Tinctur von rothen Roſen und Harngeiſte giebt himmelblau.

6. Eine Auflöſung von Kupfer und Salmiakgeiſt giebt Purpur.

7. Eine Auflöſung von Sublimat und Salmiakgeiſt giebt Weiß.

8. Eine Auflöſung von Bleyzucker und eine Auflöſung von Vitriol, oder eine Tinctur von rothen Roſen oder andern Blumen, und eine Auflöſung von Eiſenvitriol in Waſſer; oder eine Auflöſung von Galläpfeln und Eiſenvitriol giebt Schwarz.

2. Farben, die aus gefärbten Flüßigkeiten entſtehen.

1.	Roth	Tinctur von rothen Roſen	Grün.	
	Gelb	Tinctur von Safran		
2	Blau	Tinctur von Violen	Carmoiſin.	
	Braun	Geiſt von Schwefel		
3	Roth	Tinctur von rothen Roſen	Himmelblau	
	Braun	Geiſt von Hirſchhorn		
4	Blau	Tinctur von Violen	Violet.	
	Grün	Solution von Kupfer		
5	Blau	Tinctur von Violen	Purpur.	
	Blau	Solution von hungariſchen Vitriol		
6	Blau	Tinctur von Kornblumen	Grün.	
	Weiß	Geiſt von Salmiak		
7	Blau	Solution von hungariſchen Vitriol	Gelb.	
	Braun	Lauge		
8	Blau	Solution von hungariſchen Vitriol	Schwarz.	
	Roth	Tinctur von rothen Roſen		
9	Blau	Tinctur von Kornblumen	Roth.	
	Grün	Solution von Kupfer		
10	Violet	Tinctur von Dipſacus, Iris, oder andern Blumen, die im Waſſer eine blaue Farbe geben.	Himmelblau.	
	durchſichtig	Alaun in Waſſer aufgelöſet		

3. Veränderte und wiederhergestellte Farben.

1. Die grüne Solution von Kupfer wird farbenlos, wenn man Salpetergeist zugießt, und vom Weinsteinsalze wieder grün.

2. Die Tinctur von rothen Rosen wird von der Vitriolsolution schwarz; vom Weinsteinsalze wieder roth.

3. Die Tinctur von rothen Rosen wird von Vitriolgeist schön roth; gießt man darauf Salmiakgeist dazu, wird sie grün, und durch Vitriolöl wieder roth.

4. Die Solution von Grünspan ist grün, wird farbenlos durch Vitriolgeist, purpurfärbig durch Salmiakgeist, wieder durchsichtig durch Vitriolöl.

Alle diese Farben sind desto dichter und lebhafter, je mehr oder je besser das zugesetzte Salz ist, wodurch man allerhand Arten rother, grüner und blauer Farben erhält, wiewohl die Schattirung auch darauf ankömmt, wie stark oder schwach die Solution ist. So viel er herausgebracht habe, saget Musschenbroek, möchte es fast allgemein seyn, daß gelbe Vegetabilien in Weingeist aufgelöset gelbe Tincturen geben, die von sauern, alkalischen oder andern hinzugesetzten Salzen wenig oder gar nicht verändert werden; nur müsse man einige Körper ausnehmen, da aus der gelben Farbe, Orlean, durch Hinzusetzung des Vitriolöls, eine vortreffliche blaue Farbe entsteht, die durch Wasser oder ein jedes Salz wieder vertrieben wird.

Versuche mit säuerlichem oder vitriolischem Wasser, und adstringirenden Körpern lehreten folgendes; Ein wenig von dem adstringirenden in Vergleichung mit dem Eisen gab schwarz; etwas mehr von dem erstern gab blau; noch etwas mehr gab violet; und noch mehr gab Purpur.

Wirkung der Luft auf Wasser.

Es giebt Farben, die an der Luft beständig bleiben, und vergehen, wenn die äußere Luft abgehalten wird. So geht es mit der rothen Tinctur, die von dem Lichen Canariensis, (Orseille) mit Wasser oder verdünntem Weingeiste, und mit Kalk und Harnsalze bereitet wird. Gießt man diese Tinctur in eine gläserne Röhre, die darauf zugeschmolzen wird, so wird sie in wenig Tagen alle Farbe verlieren, und bekömmt sie wieder, wenn nach geöffneter Röhre die Luft wieder freyen Zugang erhält. Der Abbé Nollet hat mit dieser Tinctur allerhand Versuche angestellet.

Hierauf kommen auch die Versuche mit den sympathetischen Dinten hinaus, wozu Hellot folgende Recepte gegeben hat.

Sympathetische Dinten.

Man löse Silberglätte in distillirtem Weineßig auf, schreibe die Buchstaben damit, und trockne sie im Schatten, so wird man nichts von ihnen sehen. Man löse Operment in Kalkwasser auf, tauche einen Pinsel da hinein, und überfahre damit die Buchstaben, so werden sie erst gelb und darauf schwarz werden. Wäscht man sie mit Scheidewasser, so verschwinden sie wieder. — Man löse Gold in Königswasser auf, verdünne die Solution mit fünfmal so viel Wasser; löse auch Zinn in Königswasser auf, und thue fünfmal so viel Wasser zu. Die Buchstaben, welche mit der ersten Solution geschrieben, und im Schatten getrocknet sind, bleiben unsichtbar; überfährt man sie mittelst eines Pinsels mit der letztern Solution, so werden sie purpurfärbig. — Buchstaben mit einer Solution von Gold in Königswasser,

die

die mit Waſſer verdünnet iſt, geſchrieben, werden, wenn man ſie an der Luft trocknen läßt, zuerſt gelb, darauf purpurfärbig — Eine Solution von Zinkerz, Bismuth oder Kobold in Scheidewaſſer werde mit Waſſer verdünnet, darauf mit Seeſalze gemiſchet und abgeklaret, ſo ſind die damit geſchriebenen Buchſtaben unſichtbar, ſo lange ſie kalt ſind, und blau, wenn ſie erwärmet werden [b]).

Eine Menge von Erfahrungen über die aus allerhand Miſchungen entſtehenden Farben legete Dr. Goddard der Königl. Geſellſchaft am 16. Jan. 1661. vor, wovon Birchs Geſchichte der Geſellſch. B. 1. S. 11. nachzuſehen.

Ich will dieſen letzten Abſchnitt meines Werkes mit einigen Gedanken des Dr. Hartley von den Farben beſchließen, welche die Aufmerkſamkeit der Naturforſcher verdienen mögen, auch ohne Rückſicht auf den beſondern Gebrauch, den er davon machet: nämlich eine gewiſſe Hypotheſe zu erweiſen, daß die äußerſten rothen Strahlen auf der Netzhaut Schwingungen erregen, die ſich zu den von den äußerſten violetnen erregten Schwingungen, in Betracht der Menge, verhalten, wie 1 zu 2; und daß der Ueberfluß der Schwingungen, welche jede andere Art von Strahlen, von den rothen bis zu den violetnen gerechnet, mehr als die äußerſten rothen erreget, ſich wie die Entfernung ihrer Farbe von dem Roth verhält. Analogie der Töne und der Farben.

Nimmt man dieſes, ſaget er, an, ſo werden die Schwingungen, welche von dem äußerſten roth, der Gränze von roth und Orange, von Orange und gelb, von gelb und grün, von grün und blau, von blau und indigo, von indigo und violet, und von dem äußerſten violet erreget werden, der Newtonianiſchen Beſtimmung dieſer Farben zufolge, ſich der Anzahl nach verhalten, wie die acht Zahlen, 100, 112½, 120, 133⅓, 150, 166⅔, 177⅞ und 200, ſo daß die Entfernungen dieſer Gränzen und des äußerſten violet von dem äußerſten roth durch die ſieben Zahlen, 12½, 20, 33⅓, 50, 66⅔, 77⅞ und 100 ausgedrücket werden.

Die erſte Vorausſetzung läßt ſich folgendergeſtalt wahrſcheinlich machen. Die Zwiſchenräume der Anwandlungen des leichtern Durch- oder Zurückgehens der rothen und violetnen Strahlen, in einerley Mittel und bey einerley Brechungswinkel verhalten ſich faſt wie 5 zu 3. (Newt. Opt. L. 2. Obſ. 13. 14. und Prop. 16.) Die rothen Strahlen aber werden durch die Häute und Feuchtigkeiten des Auges weniger gebrochen, als die violetnen, und die Zwiſchenräume ihrer Anwandlungen werden alſo verhältnißweiſe weniger vermindert: ſo daß ſie alſo wohl zu den Zwiſchenräumen für die violetnen wie 6 zu 3 oder 2 zu 1 ſich verhalten mögen, wenn ſie auf der Netzhaut anlangen. Es iſt aber wahrſcheinlich, daß die Schwingungen der Strahlen, und folglich auch die von ihnen auf der Netzhaut erregten, ſich umgekehret wie die Zwiſchenräume ihrer Anwandlungen verhalten mögen Folglich mag ſich wohl die Menge der von den äußerſten rothen Strahlen erregten Schwingungen zu der Menge der von den äußerſten violtnen erregten, wie 1 zu 2 verhalten [c]).

b) Introd. vol. 2. p. 740 ſeqq.

c) Es wird wohl nicht nöthig ſeyn, daß ich wider dieſe Kartenhausmäßige Demonſtration etwas erinnere. K.

Unter andern Folgerungen, die er aus dieser Hypothese zieht, bemerket er auch dieses. Die grünen d) verhalten sich auf der einen Seite zu den gelben wie 9 zu 8, und auf der andern zu den blauen wie 9 zu 10; das ist nach der Maaße eines ganzen Tones; ferner zu den rothen wie 4 zu 3, zu den violetnen wie 3 zu 4, das ist nach der Maaße der Quarte; weiter verhalten sich die gelben zu den rothen wie 6 zu 5, das ist wie die kleine Terz; zu den blauen, wie 4 zu 5, d. i., wie die große Terz; zu den violetnen wie 2 zu 3, d. i., wie die Quinte: desgleichen die blauen zu dem violetnen wie 5 zu 6, d. i., wie die kleine Terz; und zu den rothen wie 3 zu 2, d. i., wie die Quinte: endlich die rothen zu den violetnen wie 9 zu 16, d. i., wie die kleine Septime. Also mag wohl der Unterschied der hier ausgedrückten Schwingungen den Grund enthalten, daß die Seele die hier angeführten fünf Farben deutlich von einander unterscheidet, aus eben den Ursachen, die, welche sie auch seyn mögen, bey den Tönen statt finden. Denn die natürlichen Körper werfen alle diese Farben in großer Menge und in hinlänglicher Reinigkeit, soviel hier nöthig ist, zurücke. Wir fangen vermuthlich vom Grünen, als der gemeinsten Farbe an. Wenn diese Farbe, so wie sie z. E. das Gras hat, dem Auge eines Kindes vollkommen genug bekannt geworden ist, so mag es alsdenn wohl anfangen gelb und blau davon zu unterscheiden, noch mehr aber roth und violet, so wie diese Farben an Blumen sich zeigen, und wird auch diese selbst von einander kennen. Das grüne scheint ihm wegen der Häufigkeit und Reinigkeit des grünen von der dritten Ordnung, d. i. des Grases und der Pflanzen überhaupt, einen Ruhepunct in der Mitte der Farben abzugeben. Eben daher wird man auch die verschiedenen Schattirungen von roth, orange, grün, blau und violet, als verschiedene Grade derselben Farbe ansehen können, weil nämlich ihre Schwingungen wenig von einander verschieden sind. Endlich stimmet dieses auch mit unserem gewöhnlichen Verfahren in andern Dingen überein. Große Unterschiede in unsern Empfindungen drücken wir durch verschiedene Benennungen aus; nahverwandte durch einerley Benennungen. So geben uns die beyden angeführten Voraussetzungen einen natürlichen Grund an, warum wir fünf Hauptfarben, roth, gelb, grün, blau und violet unterscheiden; wie denn auch Newton anfangs in dem prismatischen Sonnenbilde nicht mehr als diese von einander unterschieden hat, wie man aus seinen optischen Vorlesungen sehen kann.

Es ist merkwürdig, fährt er fort, daß die Ordnung der fünf ganzen und der beyden halben Töne einer Octave, die der Fortschreitung der sieben Hauptfarben entspricht, die zweyte in Absicht auf absolute Vollkommenheit ist, wie es Newton in einem noch ungedruckten Aufsatze über die Musik angemerket hat; hingegen die erste in Absicht auf relative Vollkommenheit, das ist, unter denjenigen Ordnungen, wo die halben Töne in gleichen Entfernungen von der Mitte oder den Enden sind, ein Umstand, der bey den Farben offenbar nothwendig ist. Denn wenn deutlich unter-

d) Das ist, die Menge der Schwingungen der grünen, u. s. f. Die beyden zuerst folgenden Verhältnisse werden diese, 10 zu 9, und 8 zu 9 seyn sollen. B.

unterſchiedene Farben aus Verhältniſſen entſtehen, und eine um einen halben Ton verſchiedene Farbe nach dem Roth entſteht, wofern man auf dieſer Seite anfängt, ſo muß eine dieſer entſprechende Farbe nach dem Violet entſtehen, wenn man auf der andern Seite anfängt. Die Uebereinkunft der Verhältniſſe, die hier entſtehen muß, machet dieſes nothwendig, vorausgeſetzet, daß der Unterſchied der Farben auf Verhältniſſen beruhet.

Ferner wenn der Unterſchied der Farben auf Verhältniſſen der Schwingungen beruhet, ſo kann man erwarten, daß die Farben breiter ſeyn werden, wo die Schwingungen häufiger ſind, weil man zu einer größern Zahl mehr hinzuthun muß, um ein gleiches Verhältniß herauszubringen. Und jede Farbe hat ihre gewiſſe Breite, die ſich zu einer beliebig angenommenen Fortſchreitung der Verhältniſſe ihrer Schwingungen gegen einander ſchicken muß. Da nun die Breite der ſieben Hauptfarben, ſo wie ſie Newton beſtimmet hat, ſich zu den möglichſt einfachen Verhältniſſen, nach dem möglichſt einfachen Geſetze der Vermehrung der Schwingungen paſſet, ſo können wir daher einen Beweisgrund ſowohl für die Lehre von den Schwingungen überhaupt, als für die beſondern hier angezeigten Verhältniſſe der Schwingungen hernehmen. Zwey Dinge, füget er hinzu, verdienen hierbey beſonders in Betracht gezogen zu werden, erſtlich, daß Newtons prismatiſches Sonnenbild ohngefähr 10 Zoll lang war, daher alſo die Breiten der ſieben Hauptfarben von roth bis zu violet, in Zollen 1, 25; 0, 75; 1, 33; 1, 66; 1, 66; 1, 11; 2, 22; betrugen; daß alſo, bey dieſer beträchtlichen Größe, ein kleiner Irrthum in Beſtimmung der Gränzen der Farben ihrer gegenſeitigen Verhältniſſe wenig ändert. Zweytens, die Gränzen der Farben wurden ohne Rückſicht auf irgend eine Hypotheſe beſtimmet, und die Meſſung mehrmals wiederhohlet. Inzwiſchen wäre es, ſaget er, die Mühe wohl werth, die Breiten der ſieben Hauptfarben aufs neue zu meſſen, und ſie mit der hier vorgetragenen Hypotheſe zu vergleichen e).

* * *

Folgende Bemerkungen, das Licht brennender Kerzen betreffend, füge ich noch hinzu: eine davon muß jeder gemachet haben, die andere habe ich von Dr. Franklin. Der untere Theil einer Lichtflamme iſt immer blau; und wenn die Flamme lang genug geworden iſt, ſo daß ſie eben zu dampfen anfangen will, ſo iſt die Spitze allemal roth. Beſtätiget dieſes nicht die Muthmaaßung, daß rothes Licht aus größern Theilchen beſteht als blaues? Denn dem rothen Theil der Flamme ſind die Theilchen des groben Dampfes, der nicht durchgeglühet iſt, am nächſten. Bemerkungen vom Kerzenlichte.

Dr. Franklin zeigete mir, daß zwey Lichtflammen, die an einander gehalten werden, ſtärker erleuchten, als wenn ſie von einander entfernet werden, wie es ſich gleich zeiget, wenn jemand vor ſeinem Geſichte zwey Lichter erſt von einander, denn dichte zuſammenhält. Sobald ſie an einander gebracht werden, wird man ſein Geſicht viel ſtärker, als vorher erleuchtet finden. Vielleicht bringt die Vereinigung beyder

e) Hartley's obſervat. on Man, vol. 1. p. 193. 196.

beyder Lichtflammen einen gröſsern Grad von Hitze, und daher eine stärkere Verdünnerung des Dampfes, und dadurch einen reichlichern Ausfluß der Lichttheilchen hervor.

Zusatz des Uebersetzers.

Es wäre schon aus andern Ursachen der Mühe werth, Newtons Abmessungen der Farbenbreiten mit Prismen von verschiedenen Glasarten zu wiederholen. Indessen ist bey der Newtonischen Abtheilung, wie Hr. Lambert bemerket *), viel willkührliches. Die Farben verlieren sich allmählig in einander, und wer Lust hätte, die 12 halben Töne der Octave in den Farben zu finden, würde die einer jeden beliebigen Temperatur zugehörende Eintheilung der Streifen herausbringen können. Inzwischen setzete er hinzu, bleibt immer soviel richtig, daß in dem prismatischen Bilde die farbichten Streifen vom rothen gegen das violet in der That dergestalt in der Breite anwachsen, daß man nicht sowohl die Summe ihrer Breiten, als die Summe ihrer Verhältnisse zum Maaße derselben nehmen muß, so wie es in der Musik mit den Tönen geschieht. Diesem füge ich das Urtheil des de Mairan bey, womit er seine Vergleichung der Töne und der Farben **) beschließt. „Die Aehnlichkeit des Lichtes und des Schalles, und ihrer Modificationen kömmt „am Ende bloß auf gewisse äußerliche physikalische oder mathematische Verhältnisse „hinaus, die eine höchst entfernte Beziehung auf ihre in die Sinne fallende Eigen„schaften haben. In der That haben auch die Malerey und die Musik von jeher „ganz verschiedene Mittel angewandt uns zu vergnügen: jene die gegenseitigen Ru„hestellen und die unveränderte Lage ihrer Farben, diese die beständige langsamer „oder geschwinder fortschreitende Folge ihrer Töne und Accorde.

Dies mag mich entschuldigen, daß ich von dem Farbenclavier nichts beybringe, das der P. Castel erfinden wollen, und das zu seiner Zeit viel Aufsehens machete, weil der Urheber es mit vielem Witze und Feuer der Einbildungskraft, das bey ihm sehr stark war, aufstellete. Krüger hat auch einige Ideen von einem Farbenclavier in dem Hamb. Magazin 1 B. 4 St. 1 A. 8 § gegeben, vielleicht mehr im Spaße als im Ernste.

Ich würde aber nicht zu entschuldigen seyn, wenn ich hier nicht von einer wichtigen Erfindung redete, wozu diesesmal Ausländer die ersten Ideen angegeben, und die von Deutschen allein fast zur Vollkommenheit gebracht ist. Sie ist, wie man den so vielfach verschiedenen Farben Benennungen geben, und das Verhältniß ihrer Mischung aus drey Hauptfarben, roth, gelb und blau bestimmen möge. Die erste Idee einer wissenschaftlichen Mischung der Farben aus gewissen einfachen hatte Lionardo da Vinci, der dabey schon Blicke in die Lehre von den Combinationen that, ehe sie vollständig erfunden ward ***). Castel erkannte nur drey Grundfarben, das

*) Lamberts Farbenpyramide, §. 19. **) Mem. de l'Ac. de Par. 1737. p. 61.
***) Eb. daf. § 16.

das Feuerroth Schüttgelb und Himmelblau, und eignete sich die Erfindung dieses Gedankens zu *). **Le Blond** leitete gleichfalls in einer Schrift über das Abdrucken der Kupferplatten mit Farben alle Farbenmischungen aus drey Farben her **). Endlich lieferte der berühmte Göttingische Astronom **Mayer** ein wahres Farbensystem, welches er der Königl. Gesellschaft der Wissensch. im J. 1750. vorlegete, wovon aber damals weiter nichts, als eine kurze Nachricht in den Götting. gel. Anzeigen bekannt wurde. Diese erweckte indessen viel Aufmerksamkeit, und veranlaßete verschiedene Schriften, worinn der Sache weiter nachgeforschet ward. Erstlich Dr. **Schäfers** Entwurf einer allgemeinen Farbenverein, oder Versuch und Muster einer gemeinnützigen Bestimmung und Benennung der Farben 1769; ferner, Versuch eines Farbensystems entworfen von **Ignaz Schiffermüller** aus der G. J. in K. K. Theres. Collegio 1772; ***) endlich die sehr wichtige Schrift des Herrn **Lambert**, Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemalten Farbenpyramide, wo die Mischung jeder Farben aus weiß und drey Grundfarben angeordnet wird. Berlin 1772, 126 Qu. S. mit einen ausgemalten Kupfer. Darauf kam Mayers Abhandlung selbst heraus, in dem ersten Bande der prächtig gedruckten Sammlung seiner Werke, 1775, wo sie das vierte Stück, de affinitate colorum ist. Er bringt aus roth, gelb und blau 91 Farben, jene mit gerechnet, heraus, indem er jeder der Hauptfarben 12 Theile giebt, und von je zweyen oder allen dreyen eine Mischung aus zwölf solchen Theilen machet. Diese vertheilet er über einem in 9 Fächer eingetheilten Dreyecke. Er saget aber nicht, wie er die Theile verstehe. Dazu kommen noch zweymal 364 Farben, nach dem Abstande der Farben von Weiß oder Schwarz. Die Idee eines Farbendreyeckes hatte Mayer schon in dem von ihm in jüngern Jahren herausgegebenen **mathematischen Atlas** vorgetragen, wo er aber fünf Hauptfarben, nämlich noch weiß und schwarz, annimmt, und die Mischungen nur zu gleichen Theilen machet. Eine solche Idee findet man auch schon in **Zahns** oculo artificiali teledioptrico, p. 113.

Dieser Mayerischen Abhandlung hat der Herausgeber, Hr. Prof. **Lichtenberg**, sehr brauchbare Anmerkungen beygefüget. Er führet darinnen an, daß Mayer, wie aus einem von ihm selbst ausgemalten Farbendreyecke erhelle, zu den Hauptfarben, Bergzinnober, Königsgelb und helles Bergblau genommen habe.

Hr. L. theilet uns auch seine Methoden mit, solche Farbendreyecke zu verfertigen. Er brauchte theils die Mayerischen Grundfarben, nachdem er ihre Stärke in den Mischungen durchs Abwägen erforschet hatte, trocken; theils machete er Bergzinnober, Gummigutte und Berlinerblau dünne mit Wasser an, und überfuhr damit die Felder seines Dreyecks, so oft als es die Menge der Theile der Farbe in jedem Fache erfoderte. Auf solche Art ist das Dreyeck ausgemalt, welches dem Werke beygefüget ist.

Hr. Prof. **Erxleben** erinnert in seiner physik. Bibl. 1 B. 4 St., wo er von dem Mayerischen Werke redet, daß man die Pigmente nicht nach dem Gewichte, sondern

*) Lamberts Farbenpyramide § 26.
**) Eb. das. § 28.
***) Eb. das. § 27.

sondern nach dem Volumen mit einander vermischen müsse. Er nahm zu den Grundfarben, Carmin, Berlinerblau und Königsgelb, verglich ihre eigenthümlichen Schweren, die er folgweise ein wenig kleiner als Eins, Eins und Zwey fand, und urtheilete aus ein paar Proben, daß die Intensität dieser Pigmente gleich wäre, da sie nach ihrem Volumen mit einander gemischet, ein Rothgelb, ein Grün, und ein Violet gaben, das sich weder auf die eine noch die andere Seite neigete. Nun nahm er bey der Mischung zu einem Theile Gelb immer doppelt soviel Königsgelb am Gewichte, als von dem Berlinerblau am Gewichte zu einem Theile blau, und zum roth ein klein weniges weniger von Carmin, als vom Berlinerblau zu eben soviel Blau hätte genommen werden müssen.

Hr. **Lambert** hat in der von ihm vorher angeführeten Schrift diese Sache von allen Seiten zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gebracht. Ich führe daraus nur das unmittelbar hieher gehörige an; zuerst sein Verfahren, die Stärke der Farben zu bestimmen, worauf hier alles ankömmt. Er fand durch Versuche, daß $\frac{1}{2}$ Gran hochrothen Carmins in der Mischung so weit reichte, als 10 halbe Gran Gummigutte, d. i. daß beyde eine Farbe gaben, die vom rothen und gelb gleich abstand; desgleichen, daß um ein weder ins Gelbe noch ins Blaue ziehendes Grün hervorzubringen, 2 Gran helleres Berlinerblau und 7 schwache Gran Gummigutte erfodert wurden; endlich daß 1 Gran Carmin und 3 starke Gran Berlinerblau dem eigentlichen Mittel zwischen Roth und Blau Genüge thaten. Hieraus leitet er folgende **Grade der Schwäche** dieser Farben her,

des hochrothen Carmins - - -	1
des hellern Berlinerblau - - -	3
der Gummigutte - - - -	10

Das heißt, wenn man die Mischung einer hieraus zusammengesetzten Farbe nach Theilen des Roth, Blau, und Gelb angeben will, so muß man 10 Gewichttheile der Gummigutte, 3 Gewichttheile des Berlinerblau, und 1 Gewichttheil des Carmins als einen Theil oder eine Portion der Farben ansehen. Die Stärke (d. i. die Dichtigkeit der Farbentheilchen an der Oberfläche) verhält sich verkehrt wie diese Zahlen. Hierauf verfuhr Hr. Lambert eben so mit dunklerm Carmin, dunklerm Berlinerblau und Gummigutte, und fand nun die Grade der Schwäche

des dunklern Carmins - - -	2
des dunklern Berlinerblau - -	3
der Gummigutte - - - -	12

Die verschiedenen Farben vertheilet Hr. Lambert in eine Pyramide, oder dreyeckichtes Kästchen mit Fächern. In dem untersten Fache sind 45 Quadrate, jede mit einer besondern Farbe, nämlich auf den Ecken, roth, gelb, blau, und die dazwischen fallenden Farben nach ihren Schattirungen neben einander. Jede Farbe hat acht Theile oder Portionen aus den drey Hauptfarben. In dem nächsten darüber liegenden Dreyecke sind 28 Quadrate, deren Farben wieder die drey Hauptfarben, aber heller, mit 25 Mittelfarben sind. Diese haben nur 6 Theile von den Hauptfarben des untern Faches und dagegen jede 2 Theile weiß beygemischet. In dem

dem dritten sind 15 Farben, die drey noch heller gemachte Hauptfarben und 12 Mittelfarben, jede zu 4 Theilen der Hauptfarben des untersten Faches mit 4 Theilen Weiß; und so geht es ferner fort, nur mit langsamern Schritten der Zunahme der Blässe, bis zum obersten Fache, welches ein einziges weißes Quadrat enthält. Hr. Calau, Königl. Hofmaler, hat um diese Untersuchung große Verdienste, theils durch den Beystand, welchen er Hrn. Lambert dabey geleistet, theils durch die wirkliche Ausführung der Vertheilung der Farben, wozu er auf eine höchst vortheilhafte Art die von ihm erfundene eleodorische Malerey, oder die Kunst mit einer gewissen Art von Wachs, nach Art der Alten, zu malen, gebrauchet hat.

Summarische Vorstellung der Lehre vom Lichte *).

Je weiter wir in einer Wissenschaft gekommen sind, desto kürzer können wir ihre Grundlehren fassen, woferne anders die Facta, woraus sie gezogen werden, in zahlreicher Menge da sind. Denn bey einem großen Maaße von Einsicht sind wir im Stande, mehrere besondere Wahrnehmungen auf wenige allgemeine zurück zu führen; dagegen in der Kindheit einer Wissenschaft jede Wahrnehmung ein unabhängiges Factum ist, die bey dem Vortrage ihrer Grundsätze alle einzeln angeführet werden müssen; so daß man zwar wohl eine Auswahl treffen, aber einen eigentlichen Auszug unmöglich liefern kann.

So ungemein auch die Optik in den letzten hundert Jahren erweitert ist, so wird doch ein wohl abgefaßter Abriß des Ganzen gegenwärtig viel kürzer seyn, als man ihn vor hundert Jahren hätte machen können, und ich hoffe nach hundert Jahren soll man ihn noch kürzer zu machen im Stande seyn, weil vermuthlich alsdenn die Verbindung mancher Ereignisse wird ausgefunden seyn, die itzt noch einzeln und von einander unabhängig uns vorkommen, und folglich jede für sich angeführet werden müssen.

Um so kurz als möglich bey dem Vortrage der Grundlehren der Optik zu seyn, will ich mit Fleiß gar keiner Anwendung, die man von ihnen auf die Naturbegebenheiten machen kann, erwähnen, obgleich dieses der Hauptzweck aller physikalischer Untersuchungen ist. Denn meine Absicht ist hier bloß anzugeben, wie weit wir in der Kenntniß der Naturgesetze, durch aufmerksame Beobachtung der Erscheinungen, gekommen sind.

Die in dem Anfange der letzten Periode dieser Geschichte vorgetragenen Bemerkungen werden uns berechtigen, es als ausgemachet anzusehen: daß das Licht aus sehr kleinen materiellen, von dem leuchtenden Körper ausfahrenden Theilchen bestehe. Einige dieser Theilchen werden, indem sie auf andere Körper fallen, von ihnen zurückgeworfen, unter einem Winkel, der so groß ist als der Einfallswinkel; andere werden, nach der in dem Einfallspuncte auf die Oberfläche des neuen Mittels senkrechten Linie hin oder davon abwärts gebogen, wenn sie schief auffallen. Ueberhaupt

*) Ich nehme an den hier vorgetragenen Hypothesen keinen Theil. Hypothesen sind nur Bemäntelungen unserer Unwissenheit. K.

haupt werden die auf ein jedes Mittel schief auffallende Strahlen so gebogen, als wenn sie von dem Mittel angezogen würden, wenn dieses dichter ist, oder mehr brennbaren Grundstoff enthält, als dasjenige, aus welchem die Strahlen kamen. Es gehen mehr Strahlen zurück als durch, wenn die Strahlen keine Winkel mit der brechenden Fläche machen, hingegen mehr durch als zurücke, wenn ihre Neigungswinkel einem Rechten näher kommen.

Die Geschwindigkeit, mit der das Licht ausfährt und zurückgeht, ist gleich groß; so groß, daß es den Weg von der Sonne zur Erde in acht Minuten zwölf Secunden etwa zurücke leget. Man nimmt an, die Geschwindigkeit des Lichtes werde durch die Brechung vermehret oder vermindert, in dem Verhältnisse, daß der Brechungswinkel kleiner oder größer als der Einfallswinkel ist a).

Die Lichtstrahlen, welche von Körpern ausfahren oder zurückprellen, werden von den Feuchtigkeiten des Auges so gebrochen, daß sie entweder vollkommen oder doch beynahe in einem Puncte auf der Netzhaut, oder der schwarzen Aderhaut, sich vereinigen, und daselbst Bilder der Gegenstände entwerfen, dadurch diese uns sichtbar werden.

Wird ein Lichtstrahl durch die Brechung von seinem Wege abgelenket, so wird er nicht durchgehends gleich viel gebrochen, sondern in einigen Theilen mehr, in andern weniger; und die Farbe, welche die verschiedentlich gebrochenen Lichtstrahlen uns empfinden machen, ist unveränderlich mit dem Grade der Brechbarkeit verbunden. Die, welche die Empfindung der rothen Farbe erregen, sind am wenigsten brechbar; die, welche violet geben, am meisten; und die übrigen kommen in der Brechbarkeit entweder diesen oder jenen näher, nachdem die von ihnen hervorgebrachten Farben in der folgenden Ordnung, roth, orange, gelb, grün, himmelblau, indigo, violet, jener oder dieser der beyden äußersten näher stehen.

Diese Farben gränzen, wenn sie aufs möglichste von einander gesondert werden, doch an einander, und alle Schattirungen jeder Farbe gehören gleichfalls zu Strahlen von einer eigenen und unveränderlichen Brechbarkeit. Wenn sie durch die Brechung von einander gesondert werden, verbreiten sie sich über den Zwischenraum der beyden äußersten Farben so, daß sie ihn genau so eintheilen, wie eine Saite eingetheilet wird, um die verschiedenen ganzen und halben Töne einer Octave anzugeben. Die Mischung aller dieser verschiedentlich gefärbten Strahlen, nach dem Verhältnisse der Räume, die sie solchergestalt einnehmen, giebt die weiße Farbe, und die Abwesenheit alles Lichtes ist Schwärze.

Wie viel die zu verschiedenen Farben gehörige Strahlen von einander gesondert werden, das hängt nicht von der mittlern Brechungskraft des brechenden Mittels ab, sondern kömmt auf die besondere Beschaffenheit dieses Mittels an. Die Zerstreuungskraft des Glases, dem viel Bley zugesetzet ist, ist in Vergleichung der mittlern brechenden Kraft groß, und klein dagegen in dem Glase, das viel alkalisches Salz enthält.

Nicht bloß die ungleichartigen Lichtstrahlen haben in Absicht auf die Körper solche verschiedene Eigenschaften, daß sie von ihnen mehr oder weniger gebrochen oder zerstreuet werden; sondern die verschiedenen Seiten desselben Strahles haben verschiedene

a) Soll heißen: der Sinus des Brechungswinkels. K.

ſchiedene Eigenſchaften; denn er leidet verſchiedene Veränderungen, nachdem er mit dieſer oder jener Seite gegen den Isländiſchen Kryſtall gewandt iſt.

Die Zurückwerfung oder Brechung entſteht nicht von einem Anſtoßen der Lichtſtrahlen auf die dichten Theilchen der Körper, ſondern wird von einer Kraft bewirket, die ſich auf eine kleine Weite vom Körper erſtrecket. Sie werden mittelſt einer anziehenden Kraft gebrochen, mittelſt einer zurückſtoßenden Kraft zurückgeworfen.

An der erſten Oberfläche eines jeden Körpers werden Strahlen von jeder Gattung ohne Unterſchied zurückgeworfen oder durchgelaſſen; iſt aber die folgende Oberfläche ſehr nahe an der erſten, ſo daß ihre anziehende und zurückſtoßende Kräfte die einen in der andern ihre Wirkungsräume kommen, ſo hat dieſes den Erfolg auf die Strahlen, daß an gewiſſen Stellen bloß die von einer gewiſſen Farbe zurück geworfen, und die von einer andern hauptſächlich durchgelaſſen werden; und dergleichen Stellen kommen für Strahlen jeder Gattung mehrmals abwechſelnd vor, ſo daß verſchiedene Reihen oder Ordnungen von Farben auf der Oberfläche eines und deſſelben dünnen durchſichtigen Körpers zu ſehen ſind.

Wenn Lichtſtrahlen ſo nahe an einem Körper vorbeyfahren, daß ſie in den Wirkungskreis ſeiner Anziehung oder Zurückſtoßung kommen, ſo entſteht eine **Beugung** der Strahlen, mittelſt derer ſie alle entweder nach dem Körper hin oder von ihm abgelenket werden. Und da dieſe Beugungskraft in derſelben Entfernung auf einige Strahlen mehr als andere wirket, ſo werden ſie auch dadurch von einander abgeſondert, ſo daß deshalb ſowohl innerhalb als außerhalb des Schattens farbichte Streifen entſtehen. Die rothen Strahlen werden in der größeſten Weite von allen Körpern gebogen. Es giebt unterſchiedliche Weiten, in welchen die auf der Oberfläche der Körper befindlichen Kräfte auf die ungleichartigen Strahlen ungleich wirken, indem dieſe nahe an den Oberflächen vorbeyfahren, ſo daß daher verſchiedene Ordnungen von Farben durch die Strahlen entſtehen, die in verſchiedenen Weiten vor den Körpern vorbeyfahren. Dieſer Ordnungen hat man drey beobachtet.

Ein Theil von dem auf Körper fallenden Lichte wird in ihnen aufgehalten, und geht nicht weiter fort. Das iſt insbeſondere der Fall mit dem Lichte, welches unter einem gewiſſen Grade von Schiefe auf die Oberfläche der Körper fällt. Ein Theil von dieſem Lichte wird von einigen Körpern ſo ſchwach zurück gehalten, daß ein ſehr kleiner Grad von Hitze es wieder heraustreibt, und dieſes deſto geſchwinder, je ſtärker die Hitze iſt.

Körper werden nicht allein leuchtend, wenn ſie ſo ſehr erhitzet werden, daß ihr inneres Gewebe dadurch zerſtöret wird, und ihre Annäherung uns die Empfindung eines heftigen Brennens erreget, ſondern es leuchten auch Körper die nicht den geringſten Grad von Wärme beſitzen. Dieſes hat man an manchen in die Fäulung übergehenden Körpern, desgleichen am Phosphorus bemerket.

Anzeige einiger Mängel in der Lehre vom Sehen, Licht und Farben.

Wenn man etwa ein Jahrhundert zurück, auf den unvollkommenen Zuſtand der damaligen Kenntniſſe vom Sehen, Licht und Farben ſieht, ſo zeiget ſich zwar offenbar, daß wir ſeit der Zeit ungemein viel weiter gekommen ſind, und dennoch

kann ein Naturforscher in unserm Zeitalter mehr Desiderata angeben, mehr Schwierigkeiten aufwerfen, mehr neue Untersuchungspuncte vorschlagen, als es Alhazen oder Lord Bacon konnten. Die Ursache ist, daß so oft eine neue Eigenschaft an irgend einer Sache in der Natur entdecket wird, hieraus sogleich Verbindungen mit andern Eigenschaften und andern Dingen, von denen wir sonst gar keinen Begriff hatten, sich ergeben, die uns aber auf solche Art nur unvollkommen bekannt werden. Jeder Zweifel setzet wirklich einen gewissen Grad von Einsicht voraus; und da die Natur ein so weites, vielleicht unermeßliches Feld ist, so werden uns vermuthlich desto mehr Zweifel und Schwierigkeiten aufstoßen, je mehr unsere Einsichten zunehmen. Doch da jeder Anwachs unserer Kenntnisse ein wahrer und schätzbarer Gewinnst für das menschliche Geschlecht ist, weil wir dadurch die Kräfte der Natur zu mehrerer Beförderung unserer Glückseligkeit brauchen lernen: so haben wir Recht, uns über jede neue sich hervorthuende Schwierigkeit zu freuen, weil wir daraus abnehmen, daß noch mehrere Kenntnisse, noch mehrere Vortheile zu erreichen übrig sind, und uns dadurch zum verdoppelten Fleiße ihnen nachzuspüren reizen lassen müssen. Ein jedes Desideratum ist eine halbe Entdeckung.

Da ich eben einen Blick rückwärts auf die vornehmsten Entdeckungen, das Sehen, Licht und Farben betreffend gethan habe, so will ich mich bemühen, dem Leser nach besten Kräften behülflich zu seyn, in die noch unentdeckten Gegenden dieser Wissenschaft vorwärts zu schauen, und zu dem Ende die Hauptpuncte, von welchen wir noch am wenigsten was wissen, anführen, auch die Stücke anzeigen, welche an die schon gemachten Entdeckungen zunächst zu gränzen scheinen. Da wir alle Ursachen haben, jeden von Newton hingeworfenen Gedanken in Ehren zu halten, so werde ich mir angelegen seyn lassen, alle seine hieher gehörige Fragen anzuführen, und mit denjenigen anfangen, welche seine Muthmaßung von der Natur des Lichtes, und der Art, wie es von leuchtenden Körpern ausfährt, enthalten.

Lassen sich nicht, fraget er, grobe Körper und Licht eins in das andere verwandeln, und erhalten Körper nicht ihre wirkende Kraft [b]) von den Lichttheilchen, die zu ihrem Grundstoffe gehören? denn alle feste Körper leuchten, wenn sie erhitzet sind, und so lange, als sie heiß genug bleiben; auch verliert sich das Licht in den Körpern, wenn die Strahlen auf deren Theilchen stoßen. Wasser ist wohl so wenig zum Leuchten geschickt, als nur je ein Körper seyn mag, und dennoch kann es, vermöge der vom Boyle gemachten Versuche, in eine feste Erde verwandelt werden, und diese Erde, die eine hinlängliche Hitze vertragen kann, leuchtet so gut, wie andere Körper. Die Verwandlung der Körper und des Lichtes in einander ist dem Laufe der Natur gemäß, die an dergleichen Verwandlungen ein Vergnügen zu finden scheint [c]).

Dieser Gedanke hat seine große Wahrscheinlichkeit, wiewohl doch, nach Musschenbroeks Anmerkung, der Zweifel übrig bleibt, ob irdische Körper in Licht verwandelt zu werden fähig seyn, oder ob Licht eine eigenartige Substanz sey, die sich mit jenen innig verbindet, wie die Luft in einem unentwickelten Stande [d]).

Boscovich scheint die Materie des Lichtes als einen zu dem Wesen der natürlichen Körper gehörigen Grundstoff anzusehen, und erkläret das Feuer für eine Gährung

b) Vis actuosa. c) Newt. Optica, Qu. 22. d) Musschenbr. Intr. vol. 2, p. 689.

Gährung zwiſchen dem Lichte und den brennbaren Grundſtoffe, wodurch jenes in kleinen Theilchen ausgeſtoßen wird, gleich dem von andern Gährungen aufſteigenden Ausdünſtungen. Für dieſe Meynung führet er noch andere aus ſeiner Theorie der Anwandlungen des Zurück- oder Durchgehens hergenommene Gründe an *e*).

Newton ſcheint in ſeiner 7ten Frage geneigt zu ſeyn, die ſtärkere gegenſeitige Wirkung zwiſchen Licht und brennbaren Körpern (corpora ſulphuroſa) als die Urſache anzunehmen, warum dieſe Körper leichter Feuer fangen und heftiger brennen als andere. Neuere Entdeckungen machen es aber wahrſcheinlicher, daß die Leichtigkeit, mit welcher die vom Newton ſogenannte corpora ſulphuroſa Feuer fangen, von einem ihnen eigenthümlichen, von ihnen unterſchiedenen und trennbaren Grundſtoffe herrühret, mittelſt derer ſie der Einwirkung der Luft ſo fähig gemachet werden, daß ſie, nach einem gewiſſen erlangten Grade von Hitze, durch den freyen Zugang der Luft nur heißer gemachet werden, ſo daß ſie denſelben Grad der Hitze ſehr leicht auf andere Körper fortpflanzen.

Folgende Fragen Newtons über dieſe Materie laſſen ſich mit vieler Wahrſcheinlichkeit bejahen.

Geben nicht alle feſte Körper, wenn ſie über einen gewiſſen Grad erhitzet ſind, Licht von ſich, und dieſes zwar mittelſt einer ſchwingenden Bewegung ihrer Theilchen? Thun dieſes nicht alle Körper, welche viel irdiſche, beſonders aber brennbare Theile haben, ſo oft dieſe ihre Theile entweder durch Hitze, Reiben, Stoßen, Fäulung, oder Lebensbewegung, oder ſonſt eine Urſache, hinlänglich erſchüttert werden? *f*)

Iſt nicht das Feuer ein Körper, der ſo ſehr erhitzet iſt, daß er das Licht in gröſſerem Maaße ausſendet? denn was iſt ein glühend Eiſen anders als Feuer, oder was iſt eine glühende Kohle, als Holz, das bis zum Leuchten erhitzet iſt? *g*)

Iſt nicht die Flamme ein bis zum Leuchten erhitzter Dampf, Rauch oder Ausdünſtung? denn Körper gerathen nicht in Flamme, ohne einen ſtarken Rauch von ſich zu geben, und dieſer Rauch brennt in der Flamme *h*).

Erhalten nicht große Körper ihre Wärme ſehr lange, weil ihre Theile ſich einander erhitzen? und könnten nicht große, dichte, feſte Körper, wenn ſie über einen gewiſſen Grad erhitzet ſind, das Licht ſo häufig ausſenden, daß ſie durch dieſe Ausſendung des Lichtes und deſſen Zurückwirkung, wie auch durch die Zurückprellungen und Brechungen der Strahlen innerhalb ihrer Zwiſchenräumchen, noch immer heißer, und zuletzt ſo glühend wie die Sonne werden? Sind nicht die Sonne und die Fixſterne große, ſtark glühende Erden, deren Hitze durch die eben angeführte Urſache erhalten wird, und deren Theilchen, theils wegen ihres ſtarken Zuſammenhanges, noch mehr aber deswegen nicht wegdampfen können, weil eine ſchwere und dichte Atmoſphäre ſie zuſammendrücket, und die aufſteigenden Dünſte verdichtet? *i*)

Worinne auch immer das Licht beſteht, ſo machet doch die erſtaunende Geſchwindigkeit, mit welcher es von dem leuchtenden Körper ausfährt, es unbegreiflich, wie und durch welche Kraft dieſes bewirket wird. Dieſes iſt eine von Muſſchenbroek aufgeworfene Frage *k*).

e) Theoria, p. 215, 217, 231. *f*) Newt. Opt. Qu. 8. *g*) Ibid. Qu. 9.
h) Ibid. Qu. 10. *i*) Ibid. Qu. 11. *k*) Introd. vol. 2, p. 690.

Was wird, fraget er noch, aus dem Lichte, das von der Sonne ausgefahren iſt? Kehret es wieder zu ihr hin, oder geht es ins Unendliche fort? Das letztere ſcheint wahrſcheinlicher zu ſeyn. In der That, wenn man ſich den unermeßlichen Raum vorſtellet, den das Licht einiger Fixſterne durchwandert, und das, wie man aus Bradleys Beobachtungen ſchließen kann, ohne merkliche Verminderung der Geſchwindigkeit, ſo wird man wohl nicht geneigt ſeyn, es zurückgehen zu laſſen.

Muſſchenbroeck zweifelt, ob das Licht von allen Körpern mit einerley Geſchwindigkeit ausfahre, wiewohl er, wegen Bradleys Beobachtungen zugiebt, daß die Sonne und die Fixſterne das Licht mit einerley Geſchwindigkeit ausſenden. Allein bey der Vorausſetzung, daß die Brechung des Lichtes an der Oberfläche eines Mittels durch eine anziehende Kraft an dieſer Fläche bewirket wird, ſo muß, weil Strahlen von derſelben Farbe gleich viel gebrochen werden, ſie mögen von welchem Körper es ſey herkommen, ihre urſprüngliche Geſchwindigkeit, mit der ſie an der Oberfläche anlangten, dieſelbe geweſen ſeyn.

Aus dem, was von der phyſiſchen Urſache der Zurückwerfung, Brechung und Beugung des Lichts geſchrieben iſt, erhellet zur Genüge, daß die Bewegung des Lichtes in dieſen Fällen mit der Bewegung geworfener Körper nichts gemein hat. Die Naturkündiger ſtimmen nun faſt alle darinn mit Newton überein, daß dieſe Wirkungen von gewiſſen **anziehenden und zurückſtoßenden Kräften**, die ſich über die Oberfläche der Körper hinaus erſtrecken, hervorgebracht werden. Aber hiebey wollte Newton es noch nicht bewenden laſſen (welches auch in der That nicht viel beſſer als ein Geſtändniß unſerer Unwiſſenheit wäre) ſondern trägt noch eine Muthmaßung von der phyſiſchen Urſache der anziehenden und zurückſtoßenden Kraft vor; wiewohl ſeine Hypotheſe mit eben ſo vielen Schwierigkeiten verknüpfet zu ſeyn ſcheint als die, welche die Veränderungen der Bewegung des Lichtes aus mechaniſchen Geſetzen ohne Anziehung oder Zurückſtoßung erkläret. Er nimmt ein aetheriſches ungleich dichtes Mittel an, das in den von Luft und andern groben Körpern freyen Räumen dichter iſt, als in den Zwiſchenräumen des Waſſers, Glaſes, u. d. g. und bey dem Uebergange aus dieſer Art Körpern in den leeren Raum allmälig dichter und dichter wird, weswegen das Licht nicht mit einem male, ſondern allmählig nach einer krummen Linie gebogen wird.

Wie das Licht in den Körpern **verloren gehe**, iſt eine ſchwere Frage. Erführe das Licht keine andern Veränderungen, als daß es zurückgeworfen und gebrochen würde, ſo würde kein Raum, der einmal erleuchtet war, wieder dunkel werden, und die Menge des Lichtes in dem Weltraume würde immer zunehmen. **Bouguer** nahm an, daß die Kraft, welche das Licht verſchlucket oder auslöſchet, bloß an der Oberfläche der Körper ſich äußere; Newton, daß die Lichtſtrahlen nur bey dem Anſtoßen an die dichten Theilchen des Körpers gehemmet würden. Es mag nun aber die Urſache ſeyn welche ſie wolle, die Frage iſt, was wird aus dem verloren gegangenen Lichte? dasjenige, was von phosphoreſcirenden Körpern wieder herausgegeben wird, iſt eine unbedeutende Kleinigkeit in Vergleichung mit der ungeheuren Menge, welches alle irdiſche Körper verſchlucken. Vielleicht möchte man durch Verſuche mit den Gerüchen und andern Ausflüſſen einige Erläuterungen verſchaffen.

Vieles

Vieles, wie man erkennen muß, iſt von den Farben dünner Schelbchen entdecket worden; dennoch ſcheint eine völlige Erklärung dieſer ſchweren Materie immer zu fehlen. Die an der Vorderfläche eines jeden Körpers befindliche Kraft ſcheint auf alle Strahlen gleich viel zu wirken, indem ſie ſie ohne Unterſchied zurück wirft oder durchläßt: ſind aber zwey Oberflächen ſo nahe bey einander, daß ihre Kräfte ſich mit einander vermiſchen, ſo wirken ſie nicht auf alle die Strahlen gleich ſtark. Die Wirkungen dieſer Kräfte, in ſo ferne ſie ſich durch dieſe ihre Verbindung äußern, das iſt, was noch zu erforſchen übrig bleibt. Hiebey ſcheinen allerdings, ſo wohl wie bey der Zurückwerfung und Brechung, anziehende und zurückſtoßende Kräfte, die bis auf eine gewiſſe Weite über die Oberfläche der Körper hinausreichen, im Spiele zu ſeyn; wie aber dieſe Kräfte ſich gegen die verſchiedenen Arten von Strahlen verhalten, das iſt noch zu wenig bekannt, und iſt doch dasjenige, das zur völligen Erläuterung der Sache erfodert wird. Des Abbé **Mazeas** Verſuche müßten mehr erwogen und mit **Newtons** ſeinen verglichen werden, von denen ſie, je mehr ich ſie betrachte, deſto weniger abzugehen ſcheinen. Die Verſuche des **Duc de Chaulnes** in der ſo dunkeln Sache mit den Farben dicker Scheibchen ſind von ihm ſelbſt gar nicht hinlänglich erkläret; und es ſcheint, ſie laſſen ſich auf noch mancherley andere Arten und vortheilhafter anſtellen.

Die Lehre von der **Beugung** des Lichtes ſcheint auch noch mehrerer Erläuterung zu bedürfen, wenn man gleich die Beſchaffenheit dieſer Erſcheinung im Ganzen ſehr wohl kennt. Der Urſprung der drey farbichten Streifen an der Gränze des Schattens der Körper auf jeder Seite iſt nicht völlig ins reine gebracht. **Newton** glaubete, daß das Licht, indem es an dem Rande der Körper vorbeyfährt, ſich wie ein Aal böge; eine unwahrſcheinliche Hypotheſe, ſtatt deren man wohl beſſer annehmen mag, daß es verſchiedene beſtimmte Entfernungen giebt, in welchen eine Zurückwerfung oder Durchlaſſung des Lichtes vorgeht. Weil die Beugung des Lichtes auf viel mehrere Arten hervorgebracht werden kann, als die Zurückwerfung und Brechung, ſo kann ſie uns vielleicht zu einem Leitfaden dienen, dieſe beyden andern Eigenſchaften des Lichtes näher kennen zu lernen.

Die gewöhnlichen **Regenbogen** ſind ſo vollkommen erkläret, als man es nur wünſchen kann; aber viel fehlet noch bey den andern Lufterſcheinungen, als den Höfen, Nebenſonnen und den prächtigen damit verbundenen Lichtkreiſen. Daſſelbe iſt auch von den Nebenregenbogen, dergleichen **Langwith** beobachtete, und von den Ringen zu ſagen, die **Bouguer** nebſt ſeinen Reiſegefährten auf den peruaniſchen Gebirgen geſehen hat.

Aus den Beobachtungen von der Brechung des Lichtes durch den **Iſländiſchen Kryſtall** lernen wir die Eigenſchaften der Lichtſtrahlen von ſo mancherley neuen und außerordentlichen Seiten kennen, daß wir die Sache der größten Aufmerkſamkeit werth halten müſſen. Vielleicht mag uns die Unterſuchung anderer natürlicher Körper mit der Entdeckung anderer Eigenſchaften des Lichtes belohnen.

Von der **Beſchaffenheit des Sehens** ſcheint man überhaupt wohl unterrichtet zu ſeyn, und wenig dabey vorfallende Ereigniſſe werden übrig bleiben, die nicht vollkommen erkläret wären. Doch möchte man noch die Frage: ob die Netzhaut

die

die Stelle, wo sich die Strahlen jedes Lichtkegels vereinigen, das ist, der Sitz des Sehens sey oder nicht? besser entschieden wünschen, als es bisher durch die für die eine oder die andere vorgebrachte Gründe geschehen ist. Die Frage: warum man mit beyden Augen die Sachen nur einfach sieht? hat auch einige nicht aufgelöfete Schwierigkeiten.

Ueber die Art, wie das Sehen ferner bewerkstelliget wird, nachdem die Bilder der Gegenstände sich auf die Netzhaut abgemalet haben, trägt Newton einige wahrscheinliche Muthmaaßungen vor, welche Dr. Hartley weiter verfolget und aus einander gesetzet hat. Er frägt: ob nicht die Lichtstrahlen auf der Netzhaut gewisse Schwingungen erregen, die längst der soliden Fibern der Sehenerven nach dem Gehirne zu fortgepflanzet werden, und daselbst die Empfindung des Sehens hervorbringen? ob nicht die Strahlen von verschiedenen Gattungen Schwingungen von verschiedener Größe erregen, so wie verschiedene Schwingungen der Luft die Ursache verschiedener Töne sind, und ob nicht die am meisten brechbaren Strahlen die kürzesten, die am wenigsten brechbaren die längsten Schwingungen hervorbringen? endlich ob nicht die Harmonie oder Disharmonie der Farben von dem Verhältnisse ihrer Schwingungen abhängt[l])?

Wenn man im Dunkeln den einen Winkel des Auges mit dem Finger drücket, und das Auge nach der andern Seite hindrehet, so wird man einen bunten Kreis sehen, mit Farben, wie an den Pfauenschwänzen. Bleibt das Auge und der Finger ruhig, so verschwindet dieser bunte Kreis in einer Secunde; wird aber der Finger hin und her beweget, so erscheint er wieder. Entspringen diese Farben, fraget Newton, nicht daher, daß auf dem Boden des Auges durch den Druck und die Bewegung des Fingers solche Erschütterungen entstehen, wie sonst durch die Wirkung des Lichts? Wenn eine glühende Kohle geschwinde im Kreise herumgeschwungen, den Anschein eines vollständigen feurigen Kreises hervorbringt, rühret dieses nicht daher, weil die auf dem Boden des Auges verursachte Bewegung eine Zeit lang fortdauert, und dienet dieses nicht zum Beweise, daß sie schwungartig ist[m])?

Die Vergrößerungskraft der Teleskope ist vielleicht so weit getrieben, als es wegen der Beschaffenheit unserer Atmosphäre möglich ist; aber sie ließen sich wohl bequemer einrichten, und wohlfeiler machen, als es besonders die Dollondischen sind. Vielleicht könnte man auch den Spiegeln der reflectirenden Teleskope eine solche Figur geben, daß diese bey gleicher Oeffnung einer stärkern Vergrößerung fähig würden.

Mikroskope scheinen alle mögliche Vollkommenheit erreichet zu haben, in so ferne sie zu durchsichtigen Objecten gebrauchet werden; aber zur Betrachtung undurchsichtiger Objecte müßten sie noch bequemer und vollkommener gemachet werden.

Dies ist eine allgemeine Anzeige der vornehmsten Desiderata in der Lehre vom Sehen, Licht und Farben; mehrere wird der Leser hin und wieder in der vorgetragenen Geschichte angemerket finden.

l) Newt. Opt. Qu. 13. 14. m) Ibid. Qu. 16.

Ende des zweyten Theils.

Regi-

Regiſter
nebſt
einer vorhergehenden Nachleſe
einiger Anmerkungen.

Ob ich mir gleich alle mögliche Mühe gegeben, ſo weit mein Vorrath an Hülfsmitteln reichte, bey dieſer Ueberſetzung das Original zu berichtigen und zu ergänzen, ſo finde ich doch nun, da ich die Arbeit eben vollendet, verſchiedenes noch nachzutragen. Ich zweifle nicht, daß noch manches zu erinnern ſeyn mag, ſowohl in Abſicht auf das Original als die Ueberſetzung, da es nicht wohl möglich iſt, daß ein Werk wie dieſes, das erſte in ſeiner Art, gleich ſeine Vollkommenheit erhalte. Alſo bitte ich Kenner, die dieſes Buch ihrer Aufmerkſamkeit werth halten, mir ihre Anmerkungen darüber gefälligſt mitzutheilen. Ich werde davon mit verpflichteſter Dankerkennung Gebrauch zu machen ſuchen. Ueberhaupt würde es zum Fortgange der Wiſſenſchaften vieles beytragen, wenn Gelehrte ſich ihre Anmerkungen über ihre Schriften mehr privatim mittheilten. Unſere Journale tragen zu dieſer Abſicht nicht viel bey, können es auch nicht wohl, da Recenſionen mehr für die Leſer als für den Verfaſſer einer Schrift beſtimmet ſind. Freylich wird vorausgeſetzet, daß ſolche Erinnerungen auch gut aufgenommen werden. Mir wenigſtens ſollen ſie willkommen ſeyn, wie alles, wodurch ich meine Kenntniſſe erweitern kann — hier ſind meine eigene Bemerkungen.

Zu S. 9. In Paris iſt neulich herausgekommen, du miroir ardent d'Archimede, par Mr. L. Durens, 8vo. Ich kenne dieſes Buch bisher nur aus Recenſionen. Der Verfaſſer behauptet die Richtigkeit der Erzählung. Er theilet aus einem griechiſchen MS. des **Anthemius** in der Königl. Bibliothek zu Paris, eine getreue Ueberſetzung der ganzen Stelle mit, in welcher Anthemius den von ihm verfertigten Brennſpiegel nach ſeiner ganzen Structur beſchrieben hat.

Brydone beſchreibt in ſeiner Reiſe durch Sicilien und Malta, 1 Th. 243 S. d. deutſch. Ueberſ. die Lage des Ortes, wo Archimedes die Römiſche Flotte ſoll angezündet,

zündet haben, recht wohl. Syrakus hat zween Häfen, den größten an der Südweſtſeite der Inſel Ortygia, eines Theiles dieſer ehemals ſo mächtigen Stadt; den andern kleinern an der Nordoſtſeite dieſer Inſel. Jener war zu ſtark befeſtiget, als daß die Römiſchen Flotten hineindringen konnten. Der Thurm des Archimedes, von welchem er die Römiſchen Galeeren angezündet haben ſoll, wird noch gezeiget. Er ſtund dem kleinen Hafen, wo die Römiſche Flotte vor Anker gelegen haben ſoll, gerade gegen Norden, ſo daß ihre Schiffe in gerader Linie zwiſchen ihm und der Mittagsſonne, und in einer ſehr kleinen Entfernung von der Stadtmauer lagen, auf welcher dieſer Thurm ſtund. Alſo muß die Verbrennung durch die Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen geſchehen ſeyn. Denn, wenn man annimmt, daß ſie durch ordentliche Brenngläſer (ſo leſe ich ſtatt Brennſpiegel) oder durch Spiegel von paraboliſcher Art geſchehen ſey, ſo hätte man einen Thurm von ungeheuerer Höhe auf der Inſel Ortygia errichten müſſen, um dieſe Spiegel zwiſchen die Sonne und die römiſchen Galeeren zu bringen, und auch dieſes hätte nicht eher als des Nachmittags geſchehen können, da die Sonnenſtrahlen ſchon ſehr ſchwach ſind. Brydone fiel für ſich, ehe er von Büffons Brennmaſchine was wußte, darauf, daß, wenn die Sache nicht gänzlich erdichtet wäre, ſie vermittelſt gemeiner Spiegelgläſer oder ſehr heller metallener Platten zu Stande gebracht ſeyn möchte.

Zu S. 24. Außer dem Herrn **Dutens**, der überhaupt die Entdeckungen der Neuern bey den Alten ſchon finden will (das Uebertriebene dieſes Verfahrens iſt in der feinen periodiſchen Schrift, der Philoſoph für die Welt, 1 Stück gut gezeiget) hat ſich auch der P. **Abat** vor wenig Jahren zum Vertheidiger der Alten in Abſicht auf ihre optiſche Kenntniſſe aufgeworfen, in den von ihm 1763. herausgegebenen Amuſemens philoſophiques. In dem ſechſten Stücke handelt er weitläuftig von dem großen Spiegel, welchen, der Sage nach, die ich aber von keinem alten Schriftſteller beſtätiget finde, **Ptolemäus Evergetes** auf dem Alexandriniſchen Pharus ſoll haben errichten laſſen, mittelſt deſſen er alles, was in Aegypten vorgegangen, auch Schiffe auf dem Meere bis auf 600000 Schritte, habe ſehen können. Man hat dieſe Erzählung als ungereimt verworfen; Abat aber giebt ſich Mühe, ſie zu retten, in ſo weit nämlich, daß nach Abſonderung des Wunderbaren und Unmöglichen, ein Spiegel bleibt, der die Dienſte eines Fernrohres gethan haben ſoll. Er beweiſt erſtlich die Möglichkeit dieſer Sache mit vielem Geräuſche, wie es ihm gewöhnlich iſt, und, nach einer langen Ausſchweifung über die optiſchen Kenntniſſe der Alten, auch die Wahrſcheinlichkeit, daß der gedachte Spiegel wirklich da geweſen, und dieſes letztere folgendergeſtalt. Entweder hat man in einer Stadt, wie Alexandrien, dem damaligen Hauptſitze der Wiſſenſchaften und Künſte, unter den vielen daſelbſt ohne Zweifel gemachten ebenen Spiegeln einen zufälliger Weiſe getroffen, der etwas vertiefet geweſen, und zwar auf eine regelmäßige Art; oder es hat auch ein Künſtler, der ſich mit Verfertigung von Hohlſpiegeln beſchäfftiget, einen von ziemlicher Brennweite gemachet, und durch die Erfahrung gefunden, daß

er

er vermittelst desselben entfernte Gegenstände sehr deutlich und klar sehen könnte; worauf denn, der Vortrefflichkeit der Sache wegen, ein solcher Spiegel auf einem so ansehnlichen Gebäude als der Pharus war, aufgestellet ist.

Wenn man die Sache solchergestalt erkläret, so ist sie freylich ganz wohl möglich, es folget aber alsdenn auch nichts daraus für die Einsichten der Alten in optischen Dingen. Daß sie Hohlspiegel gehabt haben, ist offenbar genug, und natürlich. Diese hatten die alten Peruaner auch, da man, wie Don Ulloa erzählet, in Peru eine Menge Concav- und Converspiegel gefunden, die alle auf einer Seite eben, und vortrefflich gearbeitet gewesen. Vielmehr, wenn auf dem Pharus wirklich ein Spiegel befindlich gewesen ist, dessen man sich gewissermaßen wie eines Teleskops bedienet hat, so beweist die fabelhafte Vergrößerung der Sage, daß man noch sehr wenig optische Einsichten und Erfindungen gehabt hat. Nur die ersten Entdeckungen in einem gewissen Fache machen ein allgemeines Aufsehen, und haben die Ehre von den Nichtkennern übertrieben zu werden; die folgenden, wenn sie gleich wichtiger, überdachter, mehr eigentliche Erfindungen sind, erregen weniger Geräusch, weil sie nur für den Kenner sind. Ueberhaupt je reicher die Welt an Entdeckungen wird, desto weniger Aufhebens wird von den neu hinzukommenden gemachet, die in frühern Zeiten doch die ganze Erde in Erstaunen gesetzet, und allgemeine Bewunderung in Versen und in Prose erhalten haben würden.

Es kömmt doch dem Ansehen nach beym Plinius eine Spur von Augengläsern vor. Er saget B. 37. C. 5. von den Smaragden: Iidem plerumque et concaui, vt visum colligant. Quapropter decreto hominum iis parcitur, scalpi vetitis — Quorum vero corpus extensum est, eadem qua specula ratione supini imagines rerum reddunt. Nero princeps gladiatorum pugnas spectabat smaragdo. Abat zieht hieraus die Folge, daß die Alten gewußt haben, daß durchsichtige Körper hohl geformet das Sehen deutlicher machen, und daß sie auch die Kunst verstanden, sie hohl zu schleifen. Es könnte nun zwar, visum colligere auch heißen, die scheinbare Größe verkleinern; doch, wenn es auch heißt, deutlicher machen, warum schreibt P. diese Eigenschaft bloß den Smaragden zu? Die Kenntnisse der Alten in optischen Sachen scheinen sich doch über eine einzelne Bemerkung nicht haben erheben zu können. Des Nero Smaragd war, wie Abat es erkläret, entweder ein Hohlglas, oder vielmehr ein ebener Spiegel, dessen er sich bedienet haben mag, das Licht zu mäßigen. Nero war blödsichtig. Denn Plinius saget, L. II. c. 37. Neroni, nisi cum conniueret, ad prope admota, hebetes (oculi).

Die Erfindung, Glasspiegel mit einer metallischen Folie zu machen, schreibt Abat der Stadt Sidon zu, und stützet sich deswegen auf eine Stelle beym Plinius, L. XXXVI, c. 26. Aliud (vitrum) flatu figuratur, aliud torno teritur, aliud argenti modo caelatur, Sidone quondam iis officinis nobili, *siquidem etiam*

ſpecula excogitauerat. Wenn hier nur etwa, ſaget Abat, ſolche Spiegel zu verſtehen wären, die einen ſchwarzen Ueberzug gehabt hätten, ſo war es nicht der Mühe werth, dem Orte der Erfindung einen Ruhm beyzulegen, beſonders da die Kunſt metallene Spiegel zu machen, damals ſehr hoch geſtiegen war, wie A. es allerdings ſehr wahrſcheinlich machet. Ueberdem, wenn man auf das Datum der Erfindung zu kommen ſuchet, ſo findet man die Glasſpiegel immer als bekannt. Stellen, die Abat aus dem Antonius von Padua, Vincentius von Beauvais, Johann Peccam und Raimundus Lullus anführet, zeigen, daß im dreyzehnten Jahrhunderte Glasſpiegel eine ganz und faſt einzig bekannte Art von Spiegeln geweſen. Iſidorus von Sevilien im ſiebenten Jahrhunderte ſaget, zu Spiegeln ſey nichts beſſer als Glas, und Alexander Aphrodiſienſis, zu Ende des zweyten Jahrhunderts redet auch von Glasſpiegeln. Da Sidon eine reiche Handelsſtadt geweſen, in welcher die Künſte, insbeſondere die Glasmacherkunſt, ſtark getrieben ſind, ſo ſey es nicht allein ſehr begreiflich, ſondern auch ſehr wahrſcheinlich, daß man daſelbſt auf das Foliiren der Gläſer gefallen.

Metallene Spiegel, ſaget Plinius L. XXXIII. c. 9. wurden ehedem am beſten zu Brunduſium aus Zinn und Kupfer (aere) verfertiget. Seneca beſchreibt an einigen Stellen die große Pracht, die man mit Spiegeln getrieben, und in einer Inſchrift beym Muratori kömmt eine Spiegelmachergilde vor. Vermuthlich mag die Kunſt gute metallene Spiegel zu machen, da dieſe ein Zubehör des Luxus geweſen, bey den Alten hoch getrieben worden ſeyn, iſt hernach mit der Mode in Abnahme gekommen, und hat in den neuern Zeiten wieder erfunden werden müſſen. So ſtellet ſich Abat die Sache vor — Von der Geſchichte des Glaſes handeln Hamberger in den Comment. Soc. Goetting. T. IV. und Hr. Michaelis eben daſelbſt von der Geſchichte des Glaſes bey den Hebräern. Noch eine antiquariſche Abhandlung über dieſen Gegenſtand iſt in den Philoſ. Tranſ. Vol. L. P. II. enthalten.

Zu S. 68. und 72. Da ich dem Maurolycus die Entdeckung der wahren Beſchaffenheit des Sehens genommen habe, ſo hätte ich eine deutlichere Meldung thun ſollen, daß Kepler dieſen wichtigen Umſtand zuerſt und ſehr einleuchtend erkläret habe, welches ihm ſo viel mehr Ehre machet, da die ältern Optiker die Sache mehr verwirret als aufgeklärt hatten. Seine Erklärung findet man in den Paralip. p. 168 ſeqq. wo er ganz deutlich ſaget, „das Sehen geſchieht mittelſt eines Gemäl„des der ſichtbaren Sache auf der weißen und hohlen Fläche der Netzhaut, wo das, „was außen rechts liegt, auf die linke Seite, und was dort links iſt, auf die rechte „Seite fällt, und was dort oben, hier unten, und was unten, hier oben vorgeſtel„let wird, alles mit ſeinen natürlichen Farben, ſo daß, wenn es möglich wäre, die „Netzhaut herauszuziehen, und das Gemälde darauf bleibend zu machen, man „die ganze Halbkugel darauf abgebildet ſehen würde, wofern man anders ein ſcharfes Geſicht haben würde. Das Verhältniß der Theile des Gemäldes bleibt daſ-

„ſelbe

„selbe im Auge, wie des Objectes außen. Das Gemälde entsteht aus so vielen „Paaren Strahlenkegel, als es Puncte in dem Objecte giebt. Der eine jedes Paa„res hat seine Spitze am Objecte, seine Grundfläche auf der Krystalllinse, wiewohl „sie durch die Brechung der Hornhaut etwas verändert wird; der andere hat die„selbe Grundfläche mit jenem, und seine Spitze an der Netzhaut.„

Zu S. 75. In einem kleinen Aufsatze über die Perspektiv der Alten, in dem Teutschen Merkur, 6 B. 2 St. 218 S. schließt der Verfasser aus einer Stelle des Cicero, (de Oratore, L. 2. c. 83.) — *picturis* cuiusdam *summi* ratione et modo, *formarum varietate locos* distinguentis, daß es unter den Malern der Alten einige gegeben, welche die Verschiedenheit der Entfernungen durch die Verschiedenheit der Formen bezeichnet, und also die Gesetze der Perspektiv in ihren Werken beobachtet hätten; es seyn aber nur Maler von der ersten Classe gewesen, die diese Geschicklichkeit besaßen, aus welcher sie vermuthlich eine Art von Geheimniß gemachet hätten. **Phidias** habe die Geometrie und die Optik getrieben, und die Wirkungen der Perspektiv verstanden, wie sein Wettstreit mit dem **Alkamenes** wegen der Bildsäule der Minerva beweise.

Zu S. 76. Von der hier angekündigten Abhandlung des Hrn. Prof. **Meister** ist nunmehr der erste Theil in dem 5. Theil der Götting. Comment. erschienen.

Zu S. 81. Während des Abdruckes dieses Buches ist eine ganz umständliche Anwendung der Analysis und der Trigonometrie auf die Perspectiv und die verschiedenen Arten von Projectionen von Hrn. Prof. **Karstens** in dem 7. Theile seines Lehrbegriffes der Mathematik geliefert, welcher sie fast ganz einnimmt. Ich muß aber doch gestehen, daß mir eine reine geometrische Abhandlung dieser Wissenschaft, bey welcher wenig oder gar nicht gerechnet, sondern immer gezeichnet wird, lieber gewesen wäre.

Zu S. 110. **David Gregorys** Elemente sind Akademische Vorlesungen (99. Octavs. in der ersten Ausg.) nach geometrischer Lehrart, daher die analytischen Formeln, dergleichen sonst Halley damals schon bekannt gemachet hatte, darinne fehlen. Für unsere Zeiten sind sie, wie man leicht denken kann, zu unvollständig. Auch möchten Vorlesungen, wie diese, ihr Glück auf unsern deutschen Akademien nicht machen. Irrthümer habe ich, soviel ich beym Durchblättern bemerken können, nicht darinn gefunden.

Von **Barrows** Lectionibus opticis et geometricis sind noch ältere Ausgaben als die von 1674. London, wie es heißen muß, und nicht Cantabrig. Nach einer mir mitgetheilten Nachricht, erinnert **Ward** in Barrows Leben in the lives of the Professors of Gresham Colledge Lond. 1740 fol. daß ein Zusatz zur 12. geometrischen Lection in Transf. philos. nr. 75 stehe, und weil die in die Ausgabe von 1672, 1674 nicht eingerücket seyn, möchten wohl nur die Titel von ihnen neu seyn. Ich finde in meiner Ausgabe (London 1674) das Datum des Imprimaturs, Mart. 22, $166\frac{8}{9}$, und Montucla giebt auch das Jahr 1669 an. Aus der ersten von den drey

Vorreden erhellet auch, daß die optischen Lectionen zuerst besonders vor den geometrischen herausgekommen sind.

Zu S. 159. Von dieser Schenkung Benedicts XIV. steht in den Comm. Bonon. T. V. P. 2. praef. folgende Nachricht. Ac tum primum officina vitrorum in Instituto exstitit, cuius custodia non minus Pontificis quam Senatus voluntate Lellio est credita. Eundem officinae quoque alteri praeesse voluerunt, in qua *instrumenta* reposita sunt *nobilissima*, quae olim Marsilius e *Germania* aduexerat, tornandis mira arte corporibus vtilia. Vielleicht kann dieses Citatum einem Reisenden nützlich werden, daß er sich die deutschen Drechslerinstrumente, die er sich in Bononien nicht vermuthen möchte, auch zeigen lasse, wenn er die italienischen Glasschleiferinstrumente besehen hat.

Zu S. 162. Schon vor Gregory hat jemand die Idee eines Spiegeltelescops gehabt, und sie auch ausgeführet. Abat führet in seinen Amuf. phil. p. 381 eine Stelle aus des P. Zucchi, eines Italienischen Jesuiten, Optica Philosophia. Lyon 1652. P. I. c. 14. p. 126 an, wo dieser erzählet, er sey im Jahre 1616, beym Nachdenken über die neu erfundenen Fernröhre auf die Gedanken gekommen, Hohlspiegel von Metall statt der gläsernen Objective zunehmen, habe auch wirklich den Versuch gemachet, und mit einem gut gearbeiteten Hohlspiegel ein Hohlglas als Ocular verbunden, womit er Gegenstände auf der Erde und am Himmel betrachtet, und seine Theorie sey durch den Erfolg bestätiget. Diese Nachricht ist merkwürdig. Man sieht, daß der Einfall in die Zeiten gehöret, wo das holländische Fernrohr noch allein bekannt war. In den folgenden Zeiten finde ich nicht, daß man an solche Telescope wie das Zucchische, weiter gedacht hätte. Vor einigen Jahren theilete mir der itzige Hr. Abt Häseler ein Project mit, solche reflectirende Taschentelescope zu verfertigen. Ich entwarf eine Theorie davon, fand aber, daß der Campus zu klein ausfällt. Da ich die Vergrößerung zu 10, und die Brennweite des großen Spiegils 8 Zoll annahm, fand ich die Brennweite des kleinern Converspiegels 4, 1 Zoll, die Entfernung beyder $6\frac{2}{3}$ Zoll, die Brennweite des Hohlglases $2\frac{2}{7}$ Zoll, und das Gesichtsfeld 33 Minuten, wiewohl dieses letztere sich vergrößern ließ, wenn man es mit der Abweichung weniger genau nehmen wollte.

Zu S. 177. Barrow hat in seiner Lect. Opt. XIV. die Lehre von den Vereinigungspuncten der Stralen durch sphärische Gläser zwar abgehandelt, aber die Formeln nicht bequem ausgedrücket, und eine eigene für jeden Fall, als planconvere, converconvere, u. s. w. convergirende, divergirende Strahlen gegeben. Er nimmt immer zwo Operationen vor, eine für den Vereinigungspunct nach der ersten Brechung, die andere für den Vereinigungspunct nach der zweyten Brechung. Auch seine am Ende dieser Lection gegebene Verzeichnung ist von eben der Art. Also wird der erste, der eine allgemeine Formel für die Vereinigungsweiten aller Arten von Gläsern bekannt gemachet, wohl Halley seyn, der solches in den Philos. Transf. Nouembr. 1693 gethan hat, wie David Gregory in seinen optischen Elementen anführet. Vom Halley ist auch, nach einer mir mitgetheilten Nachricht, ein Aufsatz

in

in den Miscellaneis curiosis vol. 1. (Lond. 1705, worinnen Aufsätze aus den Transactionen stehen) enthalten, unter dem Titel: An instance of the excellency of the modern Algebra in the resolution of the problem of finding the foci of optick glasses universally. Diese ist ohne Zweifel dieselbe Abhandlung mit jener, und man sieht daraus, daß Halley sich für den ersten gehalten haben muß, der solche Formeln gäbe. Hr. Kästner nennt daher den, nach dieser Halleyischen Regel bestimmten, Vereinigungspunct sehr wohl den **Halleyischen**, zum Andenken des Erfinders. Lehrbegr. d. Opt. S. 122.

Indessen müssen wir **Huygens** nicht vergessen, der 1695 gestorben ist, wiewohl seine Dioptrick erst 1703 herauskam. Für die Vereinigungsweite der Parallelstrahlen hat er noch keine Formel, sondern schreibt für die verschiedenen Fälle, welche er unter gewisse Gattungen bringt, ein Verfahren vor, nach welcher erst der Vereinigungspunct nach der ersten Brechung, und dann nach der zweyten gefunden wird. Darauf giebt er eine Regel, die Entfernung des Vereinigungspunctes von dem leuchtenden, oder auch demjenigen, nach welchem die Strahlen hinzielen, zu finden. Sie ist, in den S. 181 dieser Uebers. gebrauchten Zeichen, diese, $F + a = \frac{aa}{a-f}$. Sein Beweis ist aber gewaltig weitläuftig durch eine Menge von Verhältnissen durchgeführet. Hingegen giebt er für die Abweichung wegen der Gestalt eine algebraische Formel, prop. 27, p. 94, doch ohne Beweis. Es ist wunderbar, daß er keine Formel für die Brennweite gesuchet hat, die doch viel leichter ist, und schon vom **Cavaleri** gefunden seyn soll. Er bestimmet sogar die Gestalt, welche ein Linsenglas haben muß, um die kleinste Abweichung zu verursachen. Ueber die Teleskope saget er sehr viel gutes, dabey er auch, wie schon S. 161 angemerket ist, eine Vergleichung der Abweichungen wegen der verschiedenen Brechbarkeit unternimmt, so wie auch seine dioptrischen Tafeln sich bis itzt noch erhalten haben, und wirklich noch die einzigen sind.

Zu S. 264. Man sehe doch über diesen Versuch des Hrn. Beguelin die gegründeten Erinnerungen des Recensenten in der Allgem. deutschen Bibl. XXVI. 1. S. 21. Die Anwendung des Gesetzes der Brechung auf den Einfallswinkel von 90 Grad hat freylich noch etwas dunkles. Sie hängt, soviel ich sehe, mit der Frage zusammen, warum von Strahlen, die unter demselben Winkel auffallen, ein gewisser Theil zurück, ein gewisser Theil durchgeht, und warum, wie die Erfahrung lehret, bey zunehmendem Einfallswinkel die Menge der zurückgehenden immer größer wird.

Zu S. 341. Der Bau des Auges, in soferne es aus Mitteln von verschiedener Brechungskraft besteht, hat schon **David Gregory** zur Nachahmung bey Fernröhren vorgeschlagen. Er saget am Ende seiner optischen Anfangsgründe, "wenn wegen der mit der Ausarbeitung metallener Spiegel verknüpften Schwierigkeiten, „Linsengläser doch lieber zu Objectiven gewählet werden sollten, so möchte es wohl „nützlich seyn, das Objectiv aus Mitteln von verschiedener Dichte zusammen zu se-

„hen,

„ßen, wie es die Natur, die nichts vergebens thue, bey dem Bau des Auges ge„machet, um das Bild aufs deutlichste sich entwerfen zu lassen.“ Dies ist ein Beyspiel, wie oft schöne Gedanken lange ungenutzet liegen bleiben.

Zu S. 370. Von der Messung der Höhen durch das Barometer findet man umständlichen und neuesten Unterricht in dem Anhange zu den von Hrn. Kästner ganz kürzlich herausgegebenen Anmerkungen über die Markscheidekunst.

Zu S. 413. In dem Naturforscher 1. B. machet der Maler und Kupferstecher, Hr. Gründler die Bemerkung, daß die Eyer der Eidechsen im finstern leuchten, zumal wenn sie in der Hand gerüttelt werden.

Nachweisungen von Schriftstellern über das Leuchten der Fische, Insecten, faulen Holzes, findet man in Hallers Physiol. T. V. p. 446.

Zu S. 511. Ueber das von Molyneux aufgegebene Problem hat Hr. Merian eine sehr umständliche Abhandlung in drey Abtheilungen, in den Nouveaux Memoires de Berlin 1770, 1771 und 1772 geliefert.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS.

Register.

A.

Abat, 517. 518
Abweichung der Strahlen wegen der verschiedenen Brechbarkeit nach Newton, 244. 246. wie sie zu heben, 520. s. auch Farbenzerstreuung; wegen der Kugelgestalt 246. wie sie zu vermindern 520
Abzeichnungsperspektiv von Martin 553
Achillinus, 33
Achromatische Fernröhre, s. Fernröhre. dergleichen Taschenperspektive 534
Acolty, 79
Adams, 166
Aderhaut, soll der Sitz des Sehens seyn, 143 ff.
Aepinus, 451. 475. 480. 526. 528
Aequatorialteleskop von Short, 525
Agatharchus, ältester Perspektivmaler 76
Alberti, Andr. 80
Alberti, Leonbattista, 79
Albinus, 142
Alleaume, 79
d'Alembert, 347. 503
Alexander Aphrodisiensis, 5. 41
Alhazen, 12. 25
Anamorphosen, 81
Anthemius, 25 561
Aquapendente, Fabricius ab, 34
Aquilonius, Franciscus, 80. 84
Arabische Schriftsteller über die Optik, 12
Archimedes, 8. 25. 98
d'Arcy, 453
Aristoteles, 3. 22. 25
Atmosphäre, Veränderlichkeit ihrer Brechungskraft, 371. ihre Helligkeit, 323. wie sie das Licht schwächet, 307. 322
Auge, beschrieben, 29. wie es sich nach den verschiedenen Entfernungen einrichte nach Keplern, 69. nach der Meynung verschiedener Neuern, 456 ff. Anmerkungen über die Härte und die Krystalllinse, 140. künstliches, 143. Flecken vor dem Auge, 157. Weg der Strahlen durch das Auge berechnet, 465. Unterschied der Helligkeit mit einem und beyden Augen, 476. ein einzelnes übersieht mehr, als beyde zugleich 480
Augen, ihre Ungleichheit, 157
Augengläser, Erklärung ihrer Wirkung von verschiedenen 28. 34. 39. 68
Augenöffnung, ihre Erweiterung und Verengerung, 33. 453. ist an Kindern größer 473
Aujout, 160. 168

B. Bacon,

B.

Bacon, Lord, 35. 41
Bacon, Roger, 16. 18. 26
Baker, 165
Balthasar von Siena, 79
Balduin, 268
Barbaro, Daniel, 78
Barker, 526
Barozzi, Jacob, 78
Barrow, 110. 155. 177
Bartholinus, Erasmus, 399
Bartholinus, Thomas, 407
Beal 412
Beccarius, 266. 269 ff. 404. 410. 419.
Beguelin, 264. 330. 348. 517.
Berge, scheinbare und wahre Höhe, 130, 369.
warum es auf hohen kalt ist 336
Berkley, 491. 506
Bernoulli, Daniel, 145
Bernoulli, Jacob, 179
Bernoulli, Johann, 179. 240. 425
Beugung des Lichtes beobachtet von Hooke 133. von Grimaldi, 135. von Newton, 231 ff. nach Maraldis Versuchen, 384 ff. Mairans Erklärung, 388. du Tours Versuche, 389. Le Cats Wahrnehmungen, 391. Wirkung der mit der Brechung verbundenen, 392. Erscheinungen beym Sehen dadurch erkläret 391
Bewegung, scheinbare, Ereignisse dabey 501
Bild, Ort desselben nach Keplern, 70. nach Barrow, 155. zweyfaches einer Sache, 176. 180. vervielfältigtes durch ein Planglas, 177. scheinbare Größe und Entfernung, 491 ff. doppeltes durch die Brechung, 495. verzogene, 81. durch Zurückwerfung von Linsengläsern entstandene, 119
Blättchen, dünne, ihre Farben, beobachtet von Boyle, 122. von Hooke, 124. von Newton, 210. Mazeas, 375 ff. du Tour, 379. Musschenbroek, 380. dicke, von ihren Farben, Newtons Beobachtungen, 229. des Duc de Chaulnes, 381
Blindgebohrner, Geschichte eines, der sehend geworden, 512 ff.
Boerhave, 544
Bononischer Stein, s. Phosphorus.
Bonzius, 278
Borell, 160
Borgo, san Stephano (Pietro del) 77
Boscovich, 227. 283. 362. 381.
Bosse, 80
Bouguer, 176. 293 ff. 330 ff. 395. 428. 433. 495. 499. 531.
Bourges, 414
Boyle, 110. 120. 125. 408. 414.
Bradley, 169. 287.
Brahe, Tycho de, 67. 70.
Brander, 173. 529. 535.
Brandt, 422
Brechung, s. Licht und Strahlenbrechung.
Brechungskraft, Zweydeutigkeit des Wortes, 126. richtet sich nicht nach der Dichtigkeit der Mittel, 125. verschiedener Materien, 125. der Luft, 126. mancherley Flüßigkeiten nach Hauksbee, 129. und anderer Körper nach Newton, 222. Vergleichung mit der Beschaffenheit der Körper, 223. verschiedener Flüßigkeiten, bestimmt durch Eulers Versuche, 363 ff. Einfluß der Wärme darauf, 367. des Glases nach dem Duc de Chaulnes, 368
Brechungslinie, 538
Breugger, 74
Brenngläser, wie weit sie den Alten bekannt, 10. zünden keine brennbare Flüßigkeit an, 132. von Eis, 139
Brennlinie 175. 179
Brennspiegel des Archimedes, 8. 98. aus ebenen Spiegeln von Kirchern 99. von Büffon, 99. 101. Courtivrons Berechnungen, 99. 103 von Hösen, von Gärtner, 99. Regel zur Berechnung der Dichte des Lichtes in dem Brennraume, 104. historische Nachrichten von verschiedenen merkwürdigen, 171. 174. erregt in demselben Mittel keine Hitze, 336. zündet verschiedene Körper nicht, 132. 337. wohlfeile Art sie zu machen, 533
Brennweite sphärischer Gläser, Regel dafür, 56. 181
Brereton, Lord, 124
du Breuil, 79
Briggs, 475
Brillen, Geschichte ihrer Erfindung, 17
Bruce, 68
Brunnen, Lucas, 80
Büsch, 118
von Büffon, 99. 327 ff. 450. 470

C.

de la Caille, 81

Calau, 553
Camera obscura, erfunden von Porta, 31. tragbare von Hooke, 170. Cautel wegen ihres Gebrauches 519
Campani, 159
Canton, 271 f. 417
Caſſegrain, 248
Caſſini, 114. 169
Cataneo, Pietro, 79
Le Cat, 145. 148. 156. 391. 515.
de Caaus, Salomon, 79
Caſtel, 549
Celſius, 398. 431
du Cerceau, 79
Chamäleon, Kirchers Erklärung 107
de Chaulnes, Düc, 368. 381
Cherubim von Orleans, 62, 112
Cheſſelden, 512
Clairaut, 292. 341. 346. 358.
Clichtoväus, 42
Commandino, 79
Copernicaniſche Weltordnung, Beweis dafür aus der Lehre vom Lichte, 293
Corona ciliaris ſoll zur Veränderung in der Einrichtung des Auges dienen, 463
Courtivron, 99. 291
Couſin, 79
Cox, 160
Cuff, 527

D.

Dante, Ignazio, 77
Dechales, 168
Democritus, 20. 25
Derham, 419
Desaguliers, 505
Desargues, 79 80
Deſcartes, 83. 94. 104
Diamanten, phosphoreſcirende, 269
Diggs, 50
Dinten, ſympathetiſche, 546
Divini, Euſtachio, 159. 164
Dollond, Johann, 340. 342. 520. 532.
Dollond, Peter, 352
de Dominis, Antonius, 43. 47
Drebel, Cornelius, 62
Druiden, ihre Kryſtalle 5
Durchſichtige Körper werden in der Zuſammenſetzung undurchſichtig, 118. Dicke in der ſie undurchſichtig werden, 305
Dürer, Albrecht, 77

E.

Eberhard, 328
Edwards, 431
Elektriſches Licht, 311
Emanationswinkel, 314
Entfernung, Mittel ſie zu ſchätzen, nach Keplern, 69. nach Deſcartes, 95. nach de la Hire, 156. nach Porterfield, 496. ſcheinbare der Sachen und der Bilder, 492
Eudorus von Enidus, 25
Euclides, 6. 23. 25
Euler, Leonhard, 259. 340. 349. 356. 362. 371. 521. 528. 537
Euler, Joh. Alb. 363 ff.

F.

Faber, Honoratus, 113
Farben, Meynungen der Alten, 5. 21. Deſcartes Erklärung, 105. Uebereinſtimmung mit den Tönen, 100. 200. 214. 547. 550. Bayles Wahrnehmungen, 115 ff. Hookes Theorie, 118. de la Hires 119. Newtons, 195. wie die Farben einer Miſchung aus ihren Ingredienzen zu beſtimmen, 201. Farben natürlicher Körper erkläret von Newton, 205. Veränderung nach Maasgabe der Dicke des flüßigen Körpers, 206. in der Tiefe des Meeres, 206 hängen von der Dicke der Theile des durchſichtigen Körpers ab, 218. Wirkung des Lichtes darauf, 276 f. zufällige, 450. gemiſchter Flüßigkeiten, 545. Syſtematiſche Claſſification, 551. Farben dünner oder dicker Blättchen, ſ. Blättchen.
Farbenclavier, 550
Farbenzerſtreuung, Newtons Verſuche, 341. Dollonds entgegengeſetzte, 342. iſt in verſchiedenen Glasarten ſehr verſchieden, 344. Dollonds und Eulers Zwiſt darüber, 340. 349. Zeihers entſcheidende Verſuche, 350 f. 360. Murdoch will Newton noch vertheidigen, 352. wie es vielleicht zugegangen, daß Newton ſich geirret, 553. Newtons Theorie, 355. Eulers Theorie, 356. nach der Hypotheſe der Attraction, 358. des Düc de Chaulnes Verſuche, 369. Berechnung der Zerſtreuung in Fernröhren 540

Farbichte Blättchen, ihre Dicken nach Newton, 214 ff.
Faulende Körper, von ihrem Lichte 407
du Fay, 268 ff. 426
Fermal, 88
Fernrohr, ob Bacon was davon gewußt, 18. Erfindungsgeschichte, 49. Einrichtung, 58. des Galiläischen, 59. des Astronomischen, 60. des Erdrohres, 61. Binocularfernrohr, 62. Verhältniß der Vergrößerung, Oeffnung und Länge, 161 f. achromatisches, Erfindungsgeschichte, 345 f. Mittel zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes, 521. Dollondisches mit sechs Augengläsern, 521. Berechnung der Farben-Zerstreuung in ihnen, 541
Finsternisse, Beobachtung, mittelst ihrer Projectionen, 70
Fische, leuchtende, 409. 412 ff.
Fleisch, leuchtendes, 408 ff.
Fleischer, Johann, 43. 46
Flintglas, s. Glas.
Fontana, Franciscus, 50. 63
Forskal, 424
Fortio, Giovanchino, 79
Franklin, 549
Fromond, 327
Fougeroux, 159. 424
Funccus, 327
Funk, Alexander, Baron von 339

G.

Galeatius, 266. 267
Gallileus, Entdeckungen durchs Teleskop, 51
Gärtner, 99
Gascoigne, 167
Gassendi, 84
Geister, brennende, Versuche mit ihrem Lichte 542
Gesichtsbetrüge, verschiedene Arten, 479. 480. 498. 500. 501. 517. 518. 519.
Gestalt, scheinbare der Größe, 538
Glas, wie viel es Licht zurückwirft, 296. Brechungs- und Zerstreuungskraft des Kron- und Flintglases, 344 ff. anderer von Zeiher entdeckten Glasarten, 351. eigenthümliche Schwere einiger Glasarten, 353. Versuch die Ungleichheiten desselben zu heben 530
Gläser, optische, ihre Vereinigungsweiten, 56. 57. 177. elliptische und hyperbolische, 98. Formeln für sie, 181. von sehr großen Brennweiten, 159 ff. wie sie ohne Röhren zu gebrauchen, 160
Gilbert, 42
Gmelin, 516
Goldblättchen verschiedene Farben nach der Lage gegen das Licht, 75. 121. 207.
Gouye, 505
S'Gravesande, 80
Gregory, Jacob David 110. 162
Grey, 158. 166
Grimaldi, 111. 131. 135
Größe, scheinbare der Sachen und der Bilder, 492. 497. wie sie zu messen, 504
Grube, warum man in einer tiefen bey Tage Sterne sehen kann, 124. ähnliche Bemerkung 339
Guerike, Otto, 112. 124. 327

H.

Hadley, 522
von Haller, 142. 149. 151. 455.
Hallen, 206. 427
du Hamel, Jo. B. 84. 85. 276.
Harriot, 74
Hartley, 453. 472. 547.
Hartsoeker, 112. 160. 164.
Häseler, 29. 143
Hauksbee, 127. 128. 129. 130. 366.
Heliodorus von Larissa, 11. 25
Heliometer, 531
Helioskop, 97
Helligkeit durch die dioptrischen Werkzeuge, 65. verschiedene Bedeutungen des Wortes 313
Hellot, 546
Helmont, 268
Hermann, 178
Hero von Alexandrien, 23. 25
Hevel, 448
Hey, 151. 452
de la Hire, 111. 119. 125. 147. 148. 152. 157. 168. 173. 175. 176 ff. 456. 468.
Hoese, 99. 174
Höfe, historische Nachrichten, 432 ff. Erklärungen von verschiedenen 434
Hoffmann, 99
Hohlspiegel, Erscheinung eines vor demselben schwebenden Bildes, 8. des Bildes einer halb mit Wasser gefüllten

Bouteille, 518.
Homberg, 118. 281
Hond, 80
Hooke, 133. 163. 167. 170. 251. 111. 118. 122. 123. 125. 130. 131
Huygens, 111. 112. 160. 167. 262. 397. 400. 436. 445

J.

Jannizer, 79
Jansen, Zacharias, 49. 62
Joblot, 517
Irrlichter, 419 ff.
de l'Isle, 238
Jurin, 169. 462. 469. 473. 476. 482 ff.

K.

Käſtner, 81. 172. 179. 537
Katzenaugen, S. Nachtfernröhre.
Kepler, 54. 60. 66. 72
Kerzen, farbichte Kreiſe um ſie, 95. 431. Anmerkungen von ihrem Lichte, 549
Kinder, neugebohrne ſehen nicht gut, 142
Kirch, 173
Kircher, 84, 85, 86, 98. 100. 265
Klingenſtierna, 341. 349. 362
Krafft, 495
Kryſtall, isländiſcher, ſeine Eigenſchaften und Geſchichte der Beobachtung nach verſchiedenen 399 ff.
Kryſtallinſe wird für den Sitz des Sehens angeſehen, 33. Bau derſelben, 140. ihre Kapſel, 142
Kugeln, gläſerne der alten Steinſchneider, 5
Kunkel, 422
Kurdwanowsky, 538
Kurzſichtigkeit der Kinder, 474

L.

Lambert, 81. Auszug aus ſeiner Photometrie, 312 — 327. andere Bemerkungen von ihm, 369. 373. 456. 534. ff. 552
Lampe mit einer Erleuchtungsröhre von Lambert angegeben, 536
de la Lande, 173
Langwith, 428
de Lanis, 172
Leeuwenhöck, 141. 164. 169
Leibnitz, 88. 239
Lemery, 266
Lenker, 78
Leuchtwürmer, 422
Leupold, 82
Leutmann, 82
Licht, erſte Beobachtung darüber, 2. Zurückwerfung von Spiegeln, 7. Gedanken der Alten, 20, 21, 22. Brechung durch Kugelflächen, 55, 56, 57. Geſchwindigkeit, erſte Anſtalten ſie zu meſſen, 71. Carteſianiſche Theorie, 104. Malebranches und Huygens, 105. ausgemeſſen, 113. wird gebogen, S. Beugung. Weg durch die Luft, 178. Newtons Verſuche mit dem Lichte natürl. Körper, 197. deſſelben Erklärung der Zurückwerfung und Brechung, 238. Leibnitzens Erklärung, 239. Bernoullis und Mairans, 240. Maupertuis, 241. Einwürfe gegen die Newtonianiſche Lehre, 231. f. Verſuche zu ihrer Beſtätigung, 253. Eulers Theorie 259. Einwürfe dagegen, 260. f. Huygens ſeine, 262. wird von einigen Körpern eingeſchlucket, 265 ff. durch Hitze ausgetrieben, 273. iſt vermuthlich eine wirkliche Subſtanz, 276. Einfluß auf den Bau des Körpers 278. Feinheit des Lichtes, 279. f. Moment, 281. Boscovichs Theorie, 283. Berechnung der Kraft, mit welcher das Licht ausgeſandt wird, 286. allmählige Fortpflanzung des Lichts beſtätiget, 287. Berechnung der Geſchwindigkeit, 290. Bouguers Verſuche über die Menge des zurückgeworfenen Lichtes, 294 ff. Büffons Verſuche, 296. Schwächung deſſelben in durchſichtigen Körpern, 304. Verminderung durch die Atmoſphäre 306. 322. Lamberts Vergleichung des vom Glaſe zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichtes, 318. deſſelben des von Spiegeln zurückgeworfenen, 321. Verſuche die Stärke deſſelben zu vergleichen von Bouguer, 393, ff. von einigen andern, 397. Dauer des Eindrucks aufs Auge, 452
Lichtlinie, 538
Lieberkühn, 527
Ligamentum ciliare, ob es zum Einrichten des Auges auf verſchiedene Entfernungen dienet, 461. 468
Lignum nephriticum, 120. 121
Linſen, S. Gläſer.
Lionardo da Vinci, 550
Lippersheim, Johann, 49
Lowthorp, 126
de Louville, 172
Luca,

Luca, Frater, 79
Luft, S. Atmosphäre.
Luftbilder, 8. 36. 37
Luftfarbe, ihre Stärke, 309. Urſache, 327
Luftſpiegel, 158

M.

Mac Fait, 434
Maginus, 171
Mairan, 240. 282. 388. 538
Malebranche, 105
Mallet, 449
Malvaſia, 168
Maraldi, 348
Marcus Marci, 93
Marggraf, 271 ff.
Mariotte, 111, 112. 143. 252. 438
Marolois, 79
Marſigli, 266. 410
Martin, B. 170. 404. 529. 533
Martin, A. B. 413
Maupertuis, 241
Maurolycus, 28. 37. 38
Mayer, Tobias. 487. 551
Mazeas, 329. 375
Meiſter, 76. 81
Melville, 260. 280. 291. 329. 333. 515
Membrana pupillaris, 142
Menzel, 273. 430
Merklin, 530
Mery, 148
Metius, Jacob, 49
Michell, 149. 282. 353. 372. 490
Migon, 80
Mikrometer, ihre Erfindungsgeſchichte und verſchiedene Arten, 167. ff. 172. Objectivmikrometer, 531
Mikroſkope, Erfindungsgeſchichte 62. Drebbeliſches 63. verſchiedene Arten, 64. 164. reflectirende, 526. Lieberkühniſches 527. Einrichtungen zu undurchſichtigen Gegenſtänden, 527. ff. ſehr kleine Vergrößerungskügelchen, 529. Vergleichung der bekannteſten und beſten 535
Miſchungen, verſchiedener Flüßigkeiten, ihre Farben 545
Molyneux, 110. von ſeiner optiſchen Aufgabe, 512
Mond, ſcheint ſo wie die Sonne am Horizonte größer, 11. 13. 96. 504 ff. ſein röthliches Licht in Totalfinſterniſſen, 68. 330. 335. Verminderung ſeiner ſcheinbaren Größe bey Sonnenfinſterniſſen, 70. 482. Vergleichung ſeines Lichtes mit dem Sonnenlichte, 324. 396
Mondaugen, 151
de la Motte, 489
Murdoch, 81. 352
Muſſchenbröck, 292. 310. 372. 380. 392. 431. 442. 463

N.

Nachtfernröhre, 534
Nebenſonnen, hiſtoriſche Nachrichten, 441. Erklärungen von verſchiedenen, 440 ff.
Neille, 160
Nettleton, 371
Netzhaut, 130. iſt an einer gewiſſen Stelle unempfindlich, 143
Newton, entdecket die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen, 184. ff. ſeine Theorie der Farben, 195. ff. des Regenbogens, 204. 208. der Farben dünner Körper, 210 ff. der Farben dicker Scheibchen, 229 ff. ſeine Beobachtungen der Beugungen des Lichtes, 231 ff. ſein Spiegelteleſkop, 246. ſeine unrichtige Vorſtellung von der Farbenzerſtreuung, 341. ſeine Angabe des Geſetzes der Brechung im Isländiſchen Kryſtall, 403
Niceron, 79
Nollet, 337. 415

O.

Objectivglas, zuſammengeſetztes nach Eulers Vorſchlage, 340. nach Dollonds, 345. wie durch ein zuſammengeſetztes die Farbenzerſtreuung gehoben wird, 360. Schwierigkeit, taugliche zu erhalten, 363. farbichte Ringe an zwey über einander gelegten, 201
Objectivmikrometer, 531

P.

Parallelen, ſcheinbare, wie ſie zu ziehen ſind, 499
Peccam, 16
Pecquet, 146
Pemberton, 429
Perrault, 111. 148
Peruzzi, Balth. 77
Perſpectiv, ihre Geſchichte, 75
Petit, 140. Petitiſcher Canal, 464. 468
Pholas, eine leuchtende Muſchel, 410
Phosphorus, Boloniſcher, Entdeckungen und Eigenſchaften deſſelben 265 f. Baldiniſcher, 268. andere Gattungen phos-

phosphorescirender Körper, 268 f. Marggrafs Untersuchungen, 271. Cantons Phosphorus, ebendas. u. f. Wirkung der Feuchtigkeit auf den Phosphorus, 272. der Hitze, 273. 275. Brandts, Kunkels, Maces Phosphoren, 421
Photometrische Versuche, 293 — 327
Picard, 144. 168. 435
Picolomini, 41
Pietra, 79
Planeten, Licht derselben, 303. 324 ff. scheinbare Vergrösserung, 482
Plato, 20, 21. 264
Porta, J. B. erfindet die Camera obscura, 31, 32. 34. 40
Porterfield, 29. 140. 151. 458 ff. 495. 501
Pozzo, 80
Pringle, Sir John, 418
Prisma, wird in China sehr theuer verkaufet, 131. Berechnung der Brechung dadurch, 192. Erscheinung der Objecte dadurch, 202. blauer Bogen darinne durch die Reflexion, 204. Dollonds Versuch mit zwey Prismen von verschiedenen Glase, 344. Berechnungen darüber, 359. prismatische Farben den Alten bekannt, 5. 24. Versuche Newtons damit 185 ff.
Ptolemäus, 11. 25. 77

Q.

Queckſilber, wieviel es Licht verschlucket, 297. Leuchten desselben im leeren Raume, 425

R.

Reaumur, 410. 424
Redern, Graf v. 537
Regenbogen, 3. des Aristoteles Gedanken, 4. des Seneka, 10. des Maurolycus, 42. 45. des Elichtoväus, 42. Fleischers fast richtige Erklärung 43. 46. genauere des Anton de Dominis, 43. 47. des äußern von Descartes, 89 Newtons, 204. Berechnung, 208. verschiedene Arten, 427
Regentropfen, ob sie die Blätter einer Pflanze wirklich berühren, 338.
Reich, 79
Reid, 470. 472. 476
Reive, 100
Rembold, 79
Rheita, P. 61
Richmann, 533
Richter, G. F. 252
Rizelli, 252
Robins, 482. 487. 493
Le Roi, 416. 457
Römer, 114. 169
Römisches Phänomenon, 444
Rothmann, 67
Russisches Glas, Farben desselben von Hooke beobachtet, 123

S.

Sabaletini, 81
Salvinus Armatus, 17
Savery, 531
Schatten, blaue der Körper, 327
Scheiner, 83. 86. 94. 97. 444
Schielen, Erklärungen der Ursachen, 469 ff. Heilart dieses Fehlers, 469. 471
Scholt, 82. 85
Schulze, J. H. 277
Schwarz und Weiß, Unterschied, 105. 116
See, Wahrnehmung von ihrem Leuchten, 414 ff. 424
Seewasser, Maas der Durchsichtigkeit dessen, 304. 306
v. Segner, 169. 280
Seneka, 5. 10. 21
Septala, 171
Serlio, Seb. 79
Sehen, Gedanken der Alten davon, 1. 20, 21. warum man die Gegenstände nicht umgekehrt sieht, nach Keplern, 69. Scheiners Bemerkungen, 93. Descartes, 94. Gassendis, 96. Kirchers 96. Mariotte sucht den Sitz des Sehens auf der Aderhaut, 143. Einwürfe dagegen, 146. 147. andere Gründe und Gegengründe, 148 f. vermischte Anmerkungen, 154 f. einfaches, woher es entstehe, 475. ob man immer nur mit einem Auge sehe, 477. deutliches und undeutliches, 482 ff. Grenzen davon, 463. 468. wie eine einzelne Sache vielfach erscheinen kann, 489. Anmerkung über das einfache Sehen, 514. Verwechselung des erhabenen und vertieften, 516
Sehenerve, warum er schief ins Auge tritt, 145. Feinheit, 157. Wirkung beyder auf einander, 478.
Sehewinkel, kleinster, 484. 487
Seifenblase, Hookes Versuche 122. Newtons 214
Shaw, 421
Short, 523

Strigath, 79. 81
Glare, 422
Smith, Caleb. 522
Smith, Rob. 397. 506. 526. 538
Snellius, 86
Sonne, warum ihr Bild durch ein eckichtes Loch rund erscheinet, 30. Mittel sie ohne Verletzung anzusehen, 170. Vergrößerung am Horizonte, S. Mond.
Sonnenbild, prismatisches, erste Beobachtung von Grimaldi, 131. vollständige von Newton, 184 ff.
Sonnenmikroskop, 527. 536
Sonnenschatten, Gassendi Wahrnehmung, 106
Spiegel, gläserne, Farben welche sie verursachen nach Newtons Versuchen, 229. nach des Duc de Chaulnes Versuchen, 381
Spiegelmikroskop, 526
Spiegelteleskop, S. Teleskop.
Spina, Alexander de, 17
Stahl, Farben desselben, 115
Sterne, ihr Blinkern, 14. 131. 372. 486. ihre Abirrung, 288
Stevin, Simon, 81
Strahlen, ihre verschiedene Brechbarkeit, 184 ff. Newtons Versuche, die ungleichartigen abzusondern, 199. Brechungsverhältnisse der Hauptgattungen, 200. werden verschlucket, 207. weil sie auf die dichten Theile der Körper stoßen, 220. Anwandlungen des leichtern Zurück- oder Durchgehens, 225 ff. Abweichungen der durch Gläser gebrochenen, 244 ff. Muthmaßung von ihrer verschiedenen Geschwindigkeit, 291. werden in der Oberfläche der Körper zum Theil verschlucket, 300. 305. in welchem Maas sie von gefärbten Gläsern verschlucket werden, 310. ihre Zerstreuung, S. Farbenzerstreuung.
Strahlenbrechung, Gesetze nach Keplern, 66. 72. größte Brechung im Glase, 66. Scheiners und Kirchers Wahrnehmungen, 86. entdecktes Gesetz vom Snellius 87. Erklärung des Descartes, 87. Fermats und Leibnitzens, 88. 239. des Dechales, 89. Newtons, 238. Bernoullis und Mairans, 240. Maupertuis, 241. wie sie zu messen ist, 241 ff.
Strahlenbrechung, astronomische, erste Bemerkungen, 11. 13. Geschichte derselben, 51. 243. Gesetz, 371
Syrturus, 62

T.

Tacquet, 499
Taylor, 80
Teleskop, reflectirendes, Geschichte, 162. Newtonianisches, 246. Cassegrainisches, 248. Vergleichung des Gregorianischen und Cassegrainischen, 249. Hadleyisches, 522. Shortisches, 523. Beschreibung und Berechnung des Gregorianischen 524
Telesius, Bernardinus, 40
Töne, ihre Analogie mit den Farben, 106. 200. 547. 550.
di Torre, 529
du Tour, 379. 389. 477
Traber, 112
Tschirnhausen, 171. 175

U.

Ubaldi, Guido, 78
Undeutlichkeit, wie sie entsteht, 482 ff. besonderer Fall, 490
Varignon, 499
de Vaulezard, 79
Vergrößernde Kraft durchsichtiger Körper den Alten bekannt, 5
Vergrößerung, scheinbare einer Sache, 515
Vergrößerungskügelchen, kleinste, 529. s. Mikroskop.
Verkehrung einer Sache, scheinbare, 575
Vervielfältigung einer Sache durch zwey oder mehrere Löcher, 94
Viator, 79
Villette, 171
Vinci, Lionardo du, 77
Vitellio, 14. 25
Vitrometrum, 362
Vitruv, Nachrichten von der Perspektiv, 76
Vredemann, 79

W.

Wachendorf, 142
Walther, B. 67
Wärme, ihr Einfluß auf die Brechungskraft, 367
Wasser, wie viel es Licht zurückwirft, 298
Weidler, 430. 437
Weiß, wie es aus den prismatischen Farben entsteht, 196. 201
Weitbrecht, 454
Weitsichtigkeit, alter Leute 474
Whytt, 454. 484
Wiedeburg, 536
Wilson, 166

Wolken, Urſachen ihrer Farben, 333

Z.

Zahn, 112. 551
Zanottus, 207
Zauberlaterne, 100. 528
Zeiher, 350. 361. 533
Zerſtreuung der Strahlen, S. Farbenzerſtreuung.
Zinn, 29. 149
Zurückwerfung des Lichts, ihr Geſetz, 2. wie ſie Newton erkläret, 219 ff. 238. iſt kein Anſtoßen der Lichttheilchen, 219. entſteht mit der Brechung aus derſelben Kraft, 221. ihre Stärke an verſchiedenen Körpern, 296 ff. inwendige in den Körpern, 301

Druckfehler und einige Verbeſſerungen.

S. 2. am Rande unten zuzuſetzen, fig. I. S. 9. Anm. c) die Periode: Es ſcheint aber — zur Hand habe, wegzuſtreichen. Auch wegen des folgenden iſt noch zu merken, was S. 101. von der eigentlichen Urſache angeführet iſt, wo die zu Ende gemachte Angabe von Büffons Spiegeln verbeſſert iſt. S. 12. Z. 11. ſtatt Ebu, l. Ebu. Ebend. Anm. z) ſt. Jbu, l. Jba. S. 17. Z. 2. von unten, ſt. Adelmannes, l. Edelmannes. S. 40. Z. 8. ſt. ſo, l. zu. S. 56. Z. 6. v. u. ſt. Cavallerie, l. Cavaleei. Ebend. Anm. a) ſt. Jeſuite, l. Jeſuat. S. 57. Anm. d) ſt. Formel, l. Formeln. S. 58. Z. 11. v. u. ſt. Loth, l. Loch. Ebend. Anm. f) ſt. Größe, l. Entfernung. S. 75. Z. 3. v. u. ſt. vermeynet, l. verneinet. S. 79. Z. 6. ſt. Catanno, l. Cataneo. S. 95. Z. 5. v. u. ſt. Winkel, l. Ecken. S. 106. Anm. h) nach, die Linie, ſetze hinzu. HI. S. 111. Z. 10. ſt. dieſer, l. dieſem S. 116. Z. 15. ſt. ungleichartigen. l. verſchiedenen S. 125. Z. 1. v. u. ſt. das Waſſer wie, l. wie Waſſer das. S. 139. Z. 14. ſt. feſt, l. faſt. S. 140. Z. 22. ſt. höher, l. härter. S. 148. Z. 20. ſt. ſey, l. ſeyn. S. 151. Z. 13. ſt. Landungen, l. Landungen. S. 192. Z. 20. iſt in dem zweyten Theile der Gleichung das Zeichen — vor cos A zu ſetzen. S. 193. Z. 25. ſt. p × s lies p + s. S. 196. Z. 6. ſt. grün, l blau. S. 203. Anm. a) Z. 4. ſt. er, l. es. In der Figur 56 iſt, wo ſich die Strahlen TT, pp kreuzen, ein X hinzuzuſetzen. S. 204. In fig. 57. ſind an den Enden der von S ausgezogenen Linien die Buchſtaben p, r, t, von der linken nach der rechten hin zu ſetzen. S. 206. Z. 24. ſt. nach der, l. nach dem. S. 208. nr. 2. am Rande zuzuſetzen, fig. 59. S. 221. Z. 2. ſt. den dichten Theil, l. die dichten Theile. S. 223. Anm. o) ſt. glasächten. l. glasachten. S. 228. Anm. b) ſt. vermeynten, l. vereinten. S. 236. Z. 14. v. u. ſt. Mittelpuncte, l. Winkelpuncte. S. 237. Z. 4. v. u. ſt. Brechungen, l. Beugungen. S. 241. Z. 3. v. u. das Comma nach Gefäße wegzuſtreichen. S. 242. Anm. a) der Theil von den Worten: Hr. B. redet, bis zu Ende in Parentheſe einzuſchließen. S. 251. (ſtatt 231) Z. 4. ſt. Leſer, l. Lehre. S. 252. Z. 22. ſt. Arbeit, l. Aufſicht. Ebend. Z. 23. ſt. berühmt wurden. l herauskamen. S. 267. Z. 6. ſt. ſie, l. er. S. 280. Z. 7. ſt. nach. l. auf. S. 283. Z. 11. ſt. es. l. ſie. S. 287. Z. 4. und ſonſt mehrmals, ſt. Atmoſphäre, l. Atmoſphäre. S. 290. Anm. c) vorletzte Z. nach Zeit zu ſetzen, iſt. S. 294. Anm. b) Z. 5. vom Ende, ſt. Lambertmiſchen, l. Lambertiſchen. S. 304. Z. 5. v. u. ſt. Croyie, l. Croiſie. S. 306. Anm. c) Z. 4. ſt. Zuſammenſetzung, l. Zuſammenpreſſung. S. 316. Z. 14. nach, hintereinander, zu ſetzen, geſtellten. S. 317. letzte Zeile, ſt. $-l-(r-q)l-\log(r-q)$ S. 326. In der erſten Tabelle ſind Jupiter und Saturn mit einander verwechſelt. S. 330. Z. 16. v. u. ſt. weit, l. leicht. S. 346. Z. 17. ſt. Brechung. l. Berechnung. S. 356. Z. 19. ſie, wegzuſtreichen. S. 357. Z. 4. ſt. wären, l. wäre. Ebend. Z. 5. ſt. Brechungshinderniſſe, l. Brechungsverhältniſſe. S. 369. Anm. g) ſt. Berl. l. Paris. S. 375. Z. 3. v. u. ſt. die Goldblättchen, l. ein Goldblättchen. S. 382. Z. 7. v. u. ſtatt Talg, l. Talk. Ebend. Z. 1. v. u. ſt. Tafelſcheibchens, l. Talkſcheibchens. S. 398. Z. 4. ſt. Kräfte, l. Stärken. S. 404. Z. 3. v. u. und Anm. m) ſt. talgartig, l. talkartig. S. 407. Z. 1, 4. ſt. Schatten, l. Spalten. S. 414. Z. 14. v. u. vorzuſetzen, einige. S. 424. Z. 10. v. u. ſt. eigentlich, l. uneigentlich. S. 425. Z. 13. ſt. welche, l. da ſie. S. 427. Z. 18. v. u. ſt. wie, l. wo. S. 436 Z. 16. v. u. ſt. einer undurchſichtigen, l. einem undurchſichtigen Kern und einer durchſichtigen. Ebend. Z. 14. v. u. ſt. der Nebenſonnen, l. der Höfe, die andere zur Erklärung der Nebenſonnen. S. 454. Z. 6. nicht wegzuſtreichen. S. 457. Z. 4. ſt. hingegen, l. hiegegen. Ebend. Z. 21. ſtatt Farben, l. Federn. S. 472. Z. 20. ſtatt herausziehende, l. heraufziehende. S. 474 Z. 19 ſt. verringern, l. vereinigen. S. 478. Z. 2. v. u. ſt. ganglior l. ganglion. S. 482. Z. 13. 28. ſt. Luftränder, l. Lichtränder. S. 503. Z. 12. vor bewegen, einzuſchieben, ſo geſchwinde. S. 522 unten am Rande zuzuſetzen, fig. 123. S. 541. Z. 8. ſt. mit 2, l. weil 2. S. 446. am Rande, ſt. Waſſer, l. Farben. S. 550. Z. 11. ſt. ſetzete, l. ſetzet. S. 551. Z. 5. ſt. 1750, l. 1758.

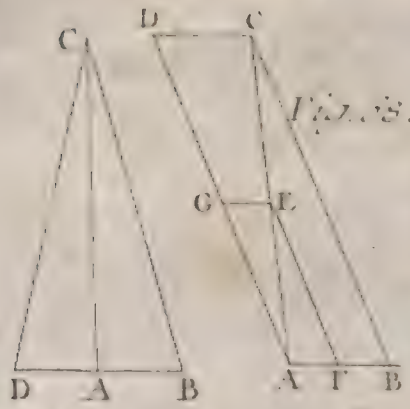


Fig. 67.

Fig. 68.

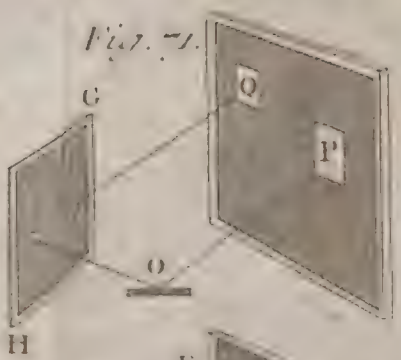


Fig. 71.

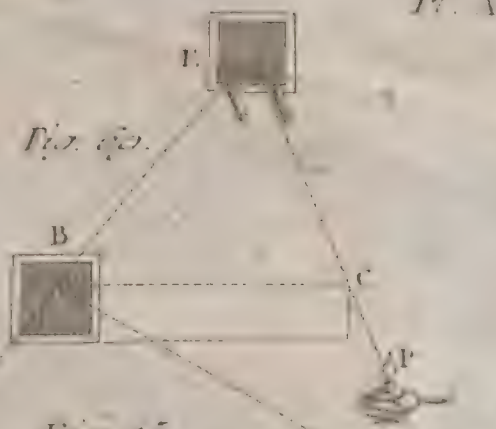


Fig. 69.

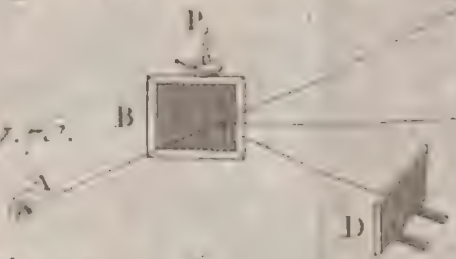


Fig. 70.

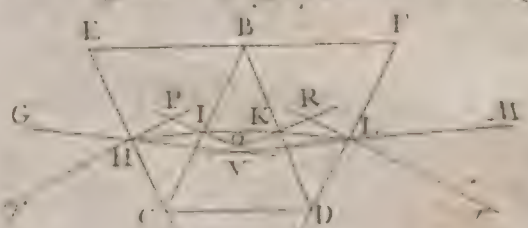


Fig. 75.

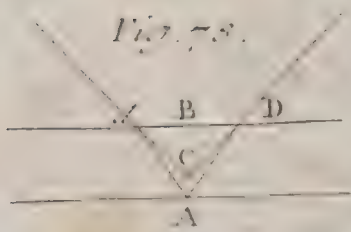


Fig. 73.

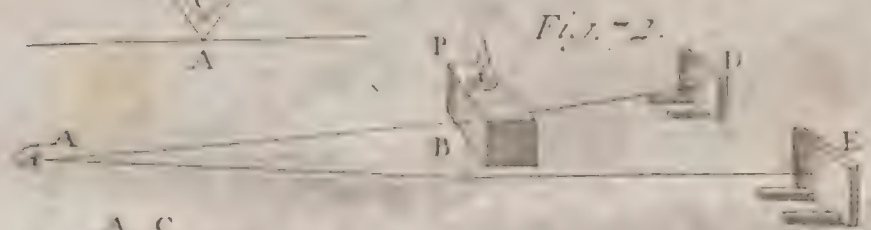


Fig. 72.

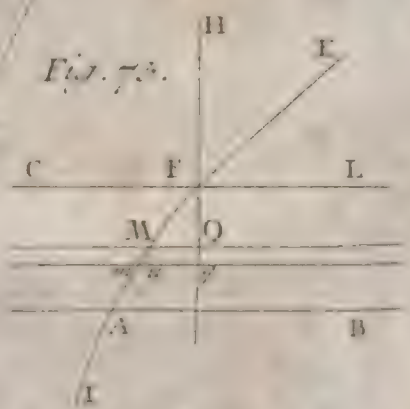


Fig. 76.

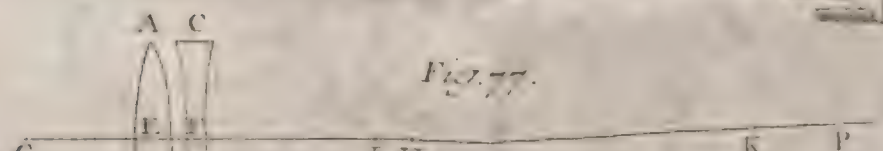


Fig. 77.

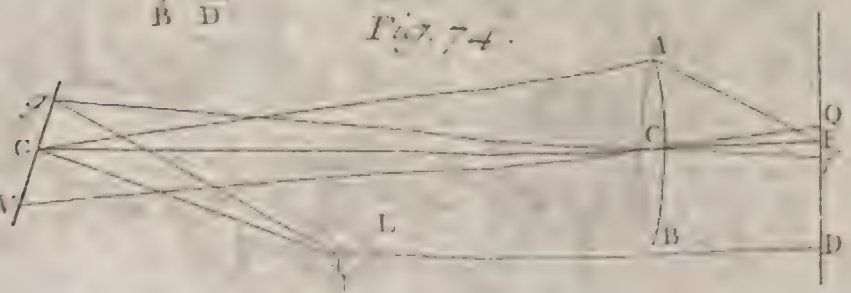


Fig. 74.

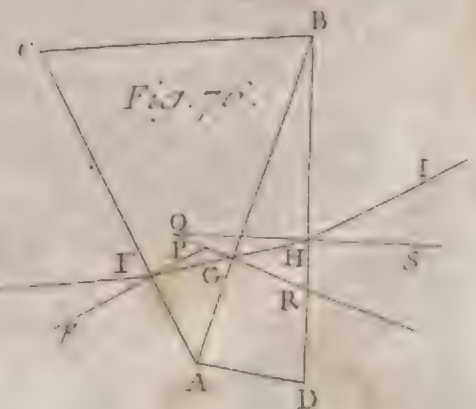


Fig. 78.

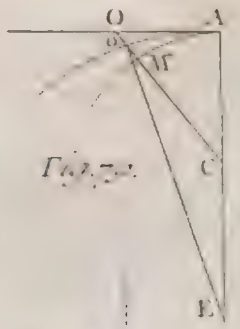


Fig. 79.

Fig. 80.

Fig. 81.

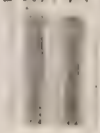


Fig. 82.

Fig. 83.

Fig. 84.

Pl. XI.

Fig. 85.

Fig. 86.

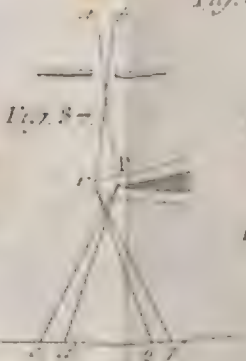


Fig. 87.

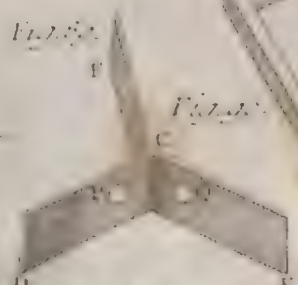


Fig. 88.

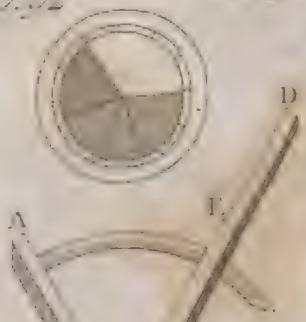


Fig. 89.

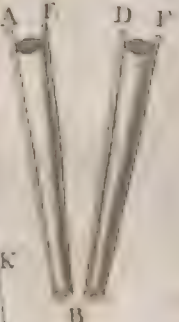


Fig. 90.

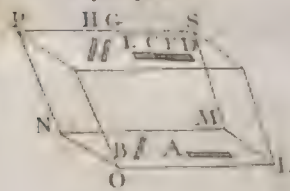


Fig. 91.

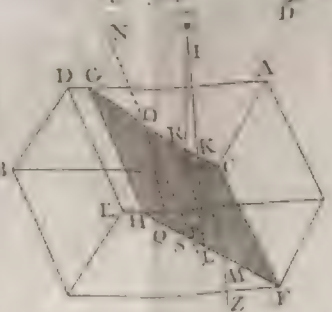


Fig. 92.

Fig. 93.

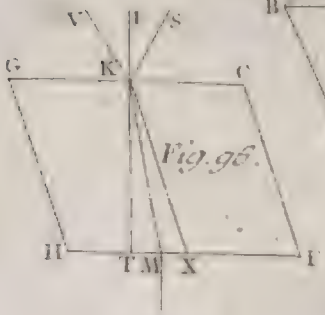
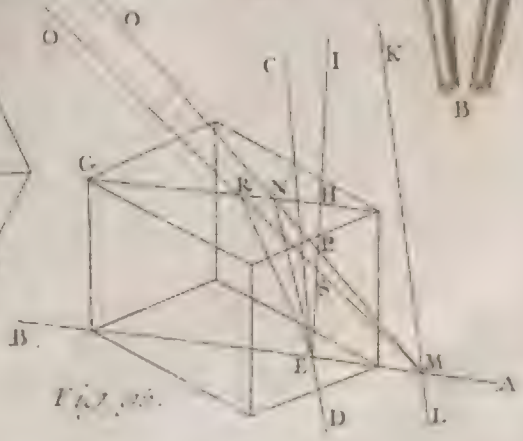


Fig. 94.



Digitized by Google

Fig. 97.

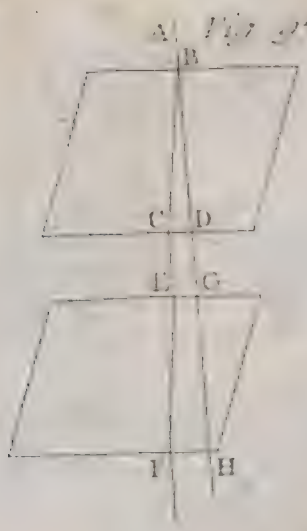


Fig. 98.

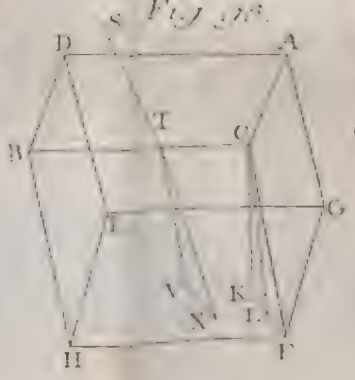


Fig. 99.

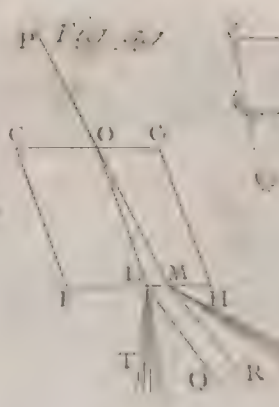


Fig. 100.

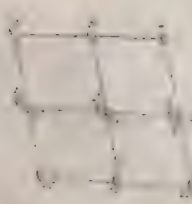


Fig. 101.

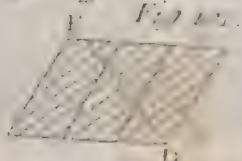


Fig. 102.

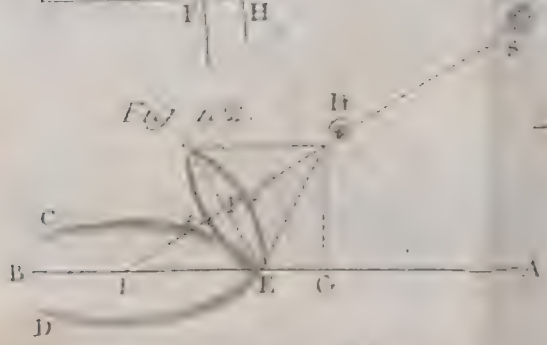


Fig. 103.

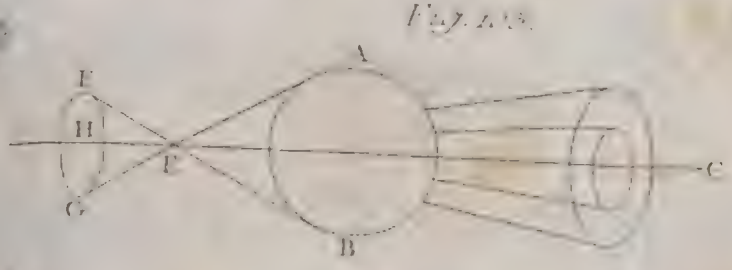


Fig. 104.

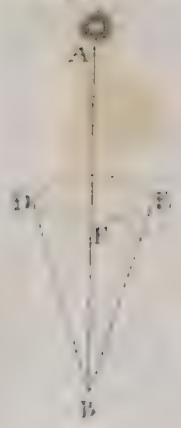


Fig. 105.

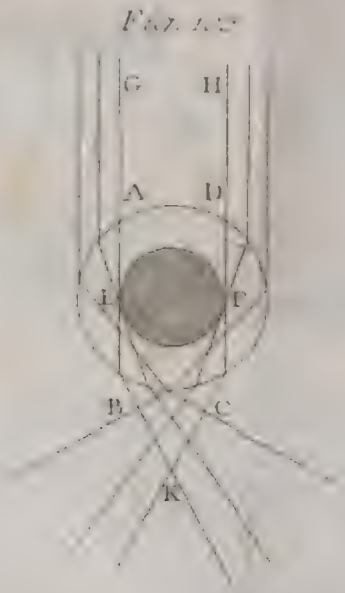
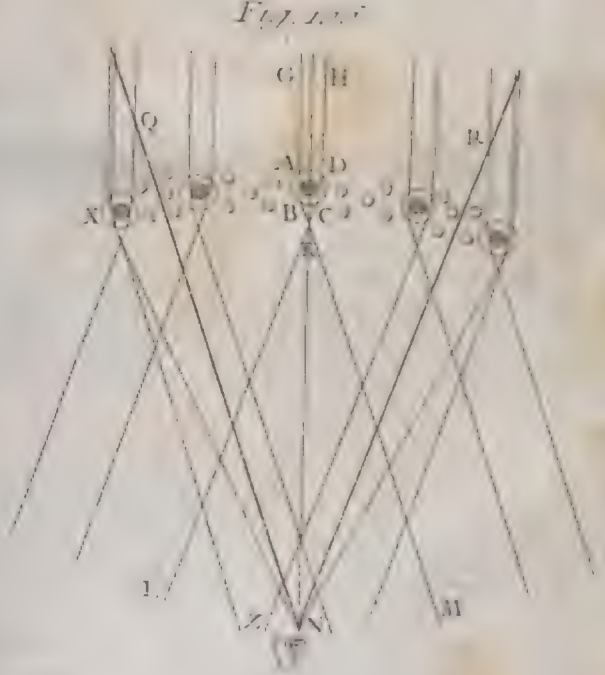


Fig. 106.



Digitized by Google

Fig. 147.

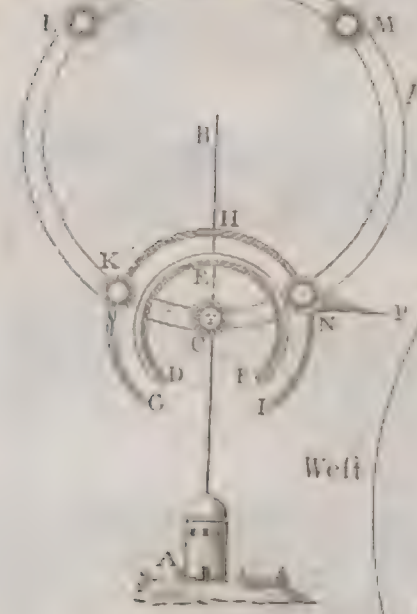


Fig. 148.

Fig. 149.

Fig. 150.

Digitized by Google

Pl. XIII

Fig. m

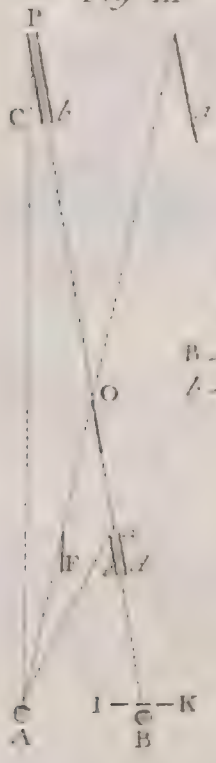


Fig. m2

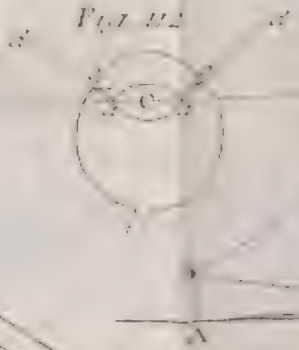


Fig. m3

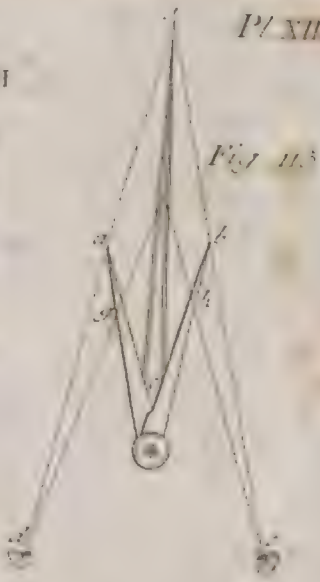


Fig. m4

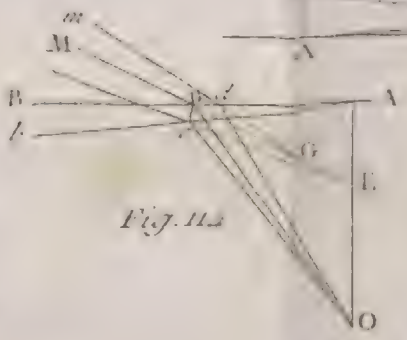


Fig. m5.

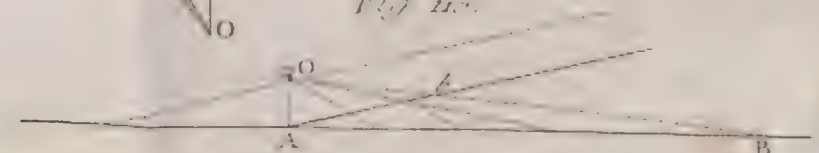


Fig. m6

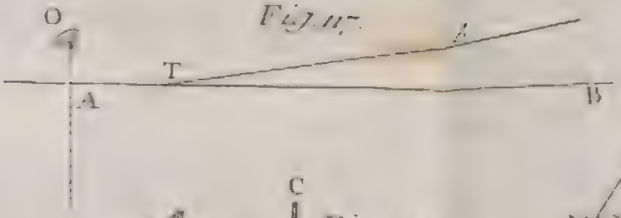


Fig. m7

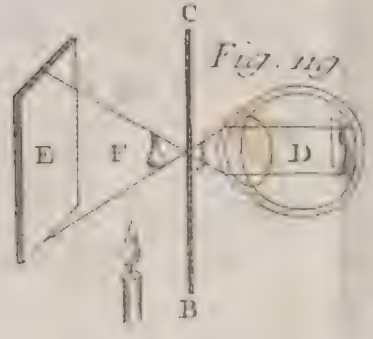
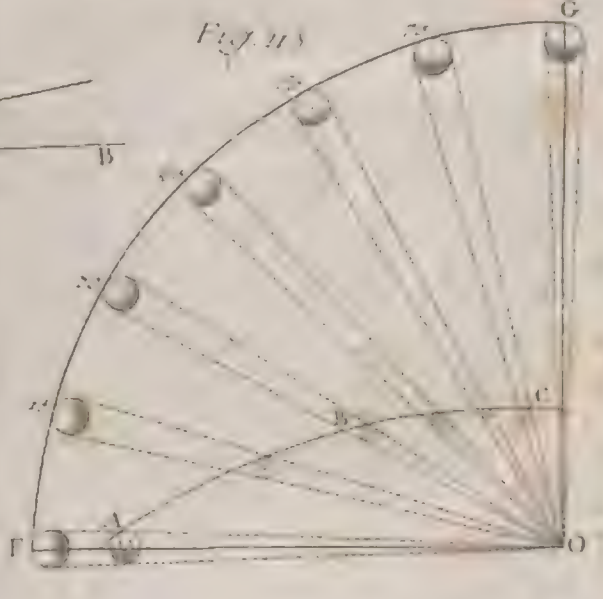


Fig. m8



Digitized by Google

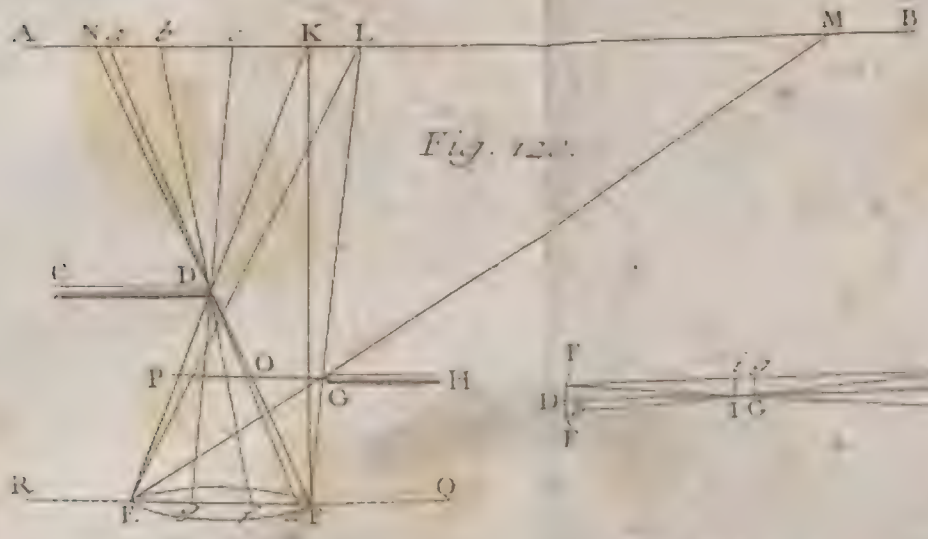


Fig. 120.

Fig. 122.

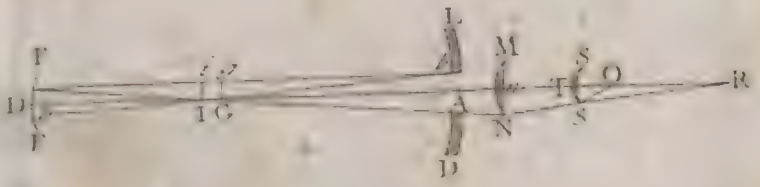


Fig. 121

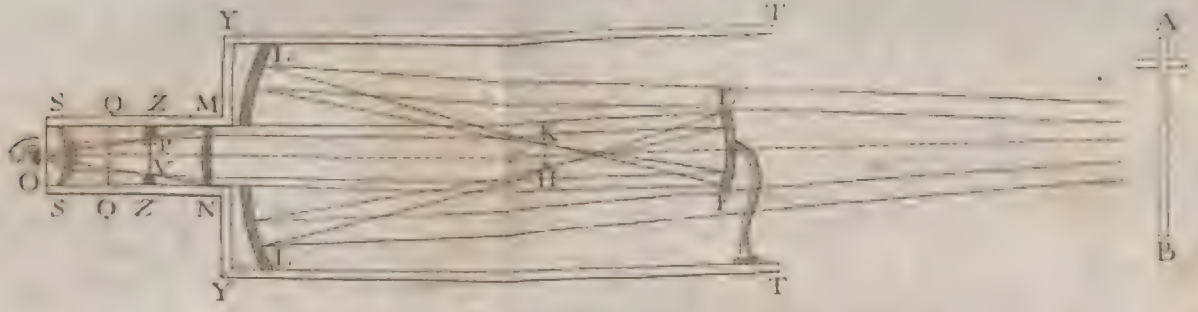
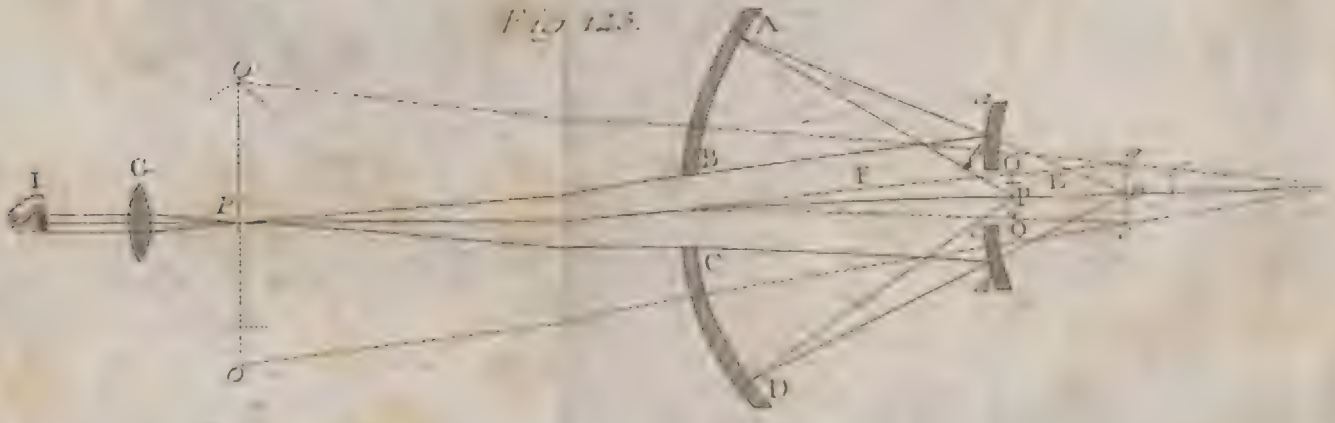


Fig. 123.



Digitized by Google

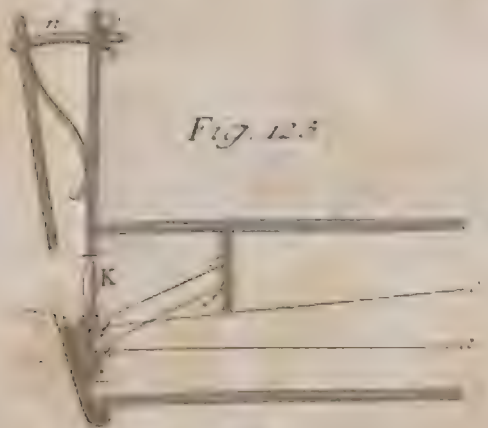


Fig. 123.

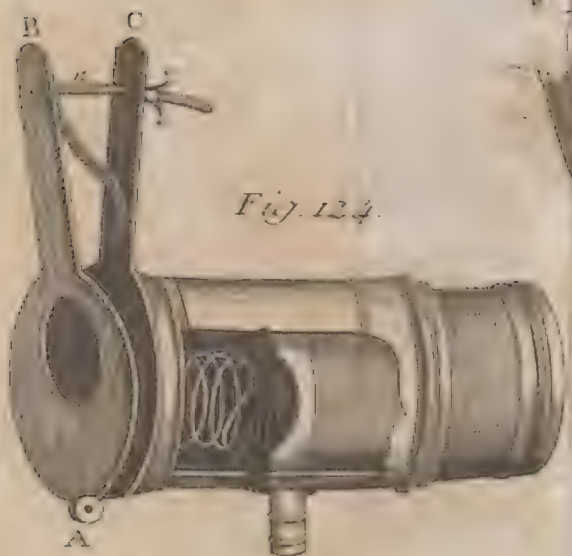


Fig. 124.

Fig. 127.

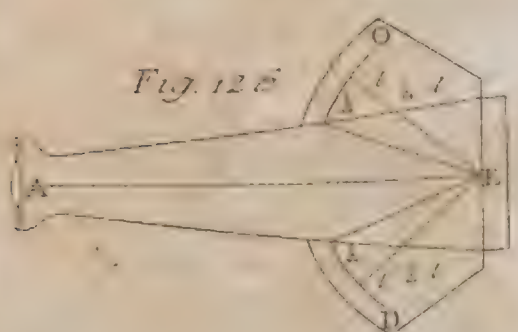


Fig. 126.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google